Pêches et Océans
Fisheries and Oceans

Canada

85-4993/

Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques 71

(Traduction de l'anglais par J. Lanteigne de la publication spéciale de V.A. Pepper intitulée « *Deep-Substrate Incubators — a field guide for Atlantic salmon enhancement* » publiée en 1984)

Incubateurs à substrat profond

Guide pour la mise en valeur du saumon de l'Atlantique

V.A. Pepper

Ministère des Pêches et des Océans
Direction de la recherche sur les pêches
C.P. 5667
St. John's (T.-N.) A1C 5X1

MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS
Ottawa 1985

Publié par

Pêches et Océans

Direction de l'information et des publications scientifiques

Ottawa K1A 0E6

Published by

Fisheries and Oceans

Scientific Information and Publications Branch

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
En vente dans les librairies autorisées, les autres librairies, ou encore, par commande payable à l'avance, au Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ont.) K1A 0S9.

Les chèques ou mandats-poste, payables en monnaie canadienne, doivent être faits à l'ordre du Receveur général du Canada.

Un exemplaire de cette publication a été déposé, pour référence, dans les bibliothèques partout au Canada.

Canada : 4 $ N° de cat. Fs 41-31/71F
Autres pays : 4,80 $ ISBN 0-660-91488-3
ISSN 0706-649X

Prix sujet à changement sans avis préalable
Ottawa

(English edition available)

Directeur et rédacteur en chef : J. Watson, Ph.D.
Coordonnatrice, Production des publications : Joan Kelley
Compositeur : Graph Comp Design Ltd., Ottawa (Ont.)
Imprimeur : Kromar Printing Ltd., Winnipeg (Manitoba)
Conception graphique : Terry Nicholls / André, Gordon and Laundreth Inc., Ottawa (Ont.)

On devra référer comme suit à cette publication :

PEPPER, V.A. 1985. Incubateurs à substrat profond — Guide pour la mise en valeur du saumon de l'Atlantique, *Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.*, 71: 27 p.

Table des matières

Résumé/Abstract iv

Introduction 1

Évaluation du rendement 2
Méthodes d'exploitation d'un incubateur à substrat profond 2
- Capture des géniteurs, stabulation et préparation à la fraie 2
- Maturation des gonades chez les adultes 4
- Équipement 4
- Processus de fertilisation artificielle (à l'état vif) 4
- Précautions 5
- Mesures préparatoires à l'incubation des oeufs 5
- Chargement des oeufs 6
- Dénombrement des alevins 7

Évaluation d'incubateurs 10
- Méthodes statistiques 10
  - Calculs 11
    - Chargement de l'incubateur 11
    - Distribution des oeufs morts 12
    - Dénombrement des alevins 12
    - Estimation de la survie 12
    - Caractères morphométriques des alevins 12

Discussion 12
- Survie de l'oeuf à l'alevin 12
- Indice de développement 13
- Facteurs d'évaluation 13
  - Mortalité 13
  - Caractères morphométriques des alevins 14
- Évaluation de projets 14

Remerciements 15

Références 15

Appendice 1. Évaluation du rendement d'un incubateur à partir de données fictives 17

Appendice 2. Valeurs de *t* de Student 27

Résumé

PEPPER, V.A. 1985. Incubateurs à substrat profond — Guide pour la mise en valeur du saumon de l'Atlantique, *Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.*, 71: 27 p.

On trouvera dans le présent guide une description des méthodes utilisées dans l'exécution d'un projet de mise en valeur du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*), nécessitant l'incubation des oeufs pour assurer des apports de saumoneaux destinés à des fins de repeuplement. Une bonne partie de ce manuel est consacrée aux activités et à la collecte de données relatives à l'incubation des oeufs dans le cadre d'un projet de cette nature. Comme moyen efficace de se procurer des alevins à vésicule résorbée, l'auteur conseille l'utilisation d'incubateurs à substrat profond. Parmi les opérations décrites dans le présent manuel, notons : la collecte de géniteurs, leur stabulation, la ponte artificielle et la fécondation des oeufs, la conception des incubateurs, leur préparation, leur chargement et leur fonctionnement ainsi que le dénombrement des alevins et l'évaluation d'un indice de développement. Tout au long du manuel, l'auteur souligne la nécessité de tenir un journal détaillé des activités relatives au projet. On y décrit des méthodes pour calculer le nombre d'oeufs ensemencés dans les incubateurs, le nombre d'alevins produits, la survie de l'oeuf à l'alevin, les indicateurs du rendement des incubateurs et les stades de développement des alevins. Quoique les diverses opérations soient décrites en termes aussi simples que possible dans le but d'encourager les individus sans formation biologique particulière à se servir du manuel, des notions statistiques et biologiques plus complexes sont présentées afin de favoriser une évaluation critique et un raffinement des méthodes de mise en valeur des salmonidés de la part des scientifiques et des techniciens.

Abstract

PEPPER, V.A. 1985. Incubateurs à substrat profond — Guide pour la mise en valeur du saumon de l'Atlantique, *Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.*, 71: 27 p.

This field guide describes procedures for operating an Atlantic salmon (*Salmo salar*) enhancement project in which incubation of eggs is required to assure a juvenile salmon supply for stocking purposes. Much of this manual describes activities and information gathering relating to the egg incubation aspects of an enhancement project. Use of the deep-substrate incubator is advocated as an effective means to secure swim-up fry. Procedures described in this manual include: brood stock collection, holding, stripping and fertilization of eggs, incubator design, preparation, loading and operation; and fry enumeration and evaluation of developmental index. The need for detailed records of project activities is stressed throughout the manual. Methods are given to calculate the number of eggs planted in the incubator, the number of fry produced, egg to fry survival, indicators of incubator performance efficiency, and stage of fry development. Although operating procedures are described as simply as possible to encourage use of the manual by individuals with no formal training in biology, statistical and biological discussions are also presented in greater complexity to encourage critical appraisal and refinement of salmon enhancement methodologies by scientists and technicians.

Introduction

Les projets de mise en valeur du saumon de l'Atlantique requièrent souvent un apport de jeunes poissons pour l'ensemencement des systèmes fluviaux où existe un plus ample potentiel de production salmonicole. Ces saumons juvéniles doivent être obtenus par l'incubation et l'éclosion d'oeufs, en général dans des incubateurs artificiels. Pour que ces dispositifs fonctionnent bien, il faut que le nombre d'oeufs dont ils sont chargés soient en deçà de limites déterminées principalement par la taille des incubateurs ainsi que par la qualité et le volume de l'eau disponible. De plus, il est habituellement nécessaire de déterminer le nombre d'alevins produits par chaque type d'incubateur. Le dénombrement des oeufs et des alevins des salmonidés est une condition préalable essentielle à l'évaluation de l'efficacité des installations incubatrices. La mise au point de compteurs électroniques efficaces offre une solution de rechange au fastidieux dénombrement manuel des oeufs. Toutefois, il est souvent difficile de justifier l'achat de tels appareils dans le cas de petites exploitations, surtout quand le processus manuel génère un nombre suffisamment précis sans entraîner une mortalité excessive par la manipulation. Comme beaucoup de nos projets et de nos perspectives de mise en valeur du saumon de l'Atlantique sont plutôt de petite envergure, il s'agit d'abord de savoir s'il est préférable, du point de vue logistique et économique, d'appuyer plusieurs projets à partir d'une installation centralisée (ou d'une piscifacture à grande échelle) ou de construire des installations à des endroits déterminés, pour une capacité limitée de production.

L'importance actuelle de la viabilité économique comme critère de planification pour la mise en valeur des salmonidés est restrictive dans le cas des espèces dont le cycle vital dure plus de trois ans. Les analyses économiques donnent l'avantage aux projets où il se passe peu de temps entre le déboursement des fonds et la réalisation de profits. Rares sont les projets de mise en valeur de salmonidés dont le rapport avantages-coûts dépasse 1,5:1. L'acquisition d'appareils sophistiqués, destinés à des projets de revalorisation à petite échelle est donc souvent difficile à justifier. La décision qui en résulte est donc fréquemment basée sur le principe de l'économie d'échelle : des buts de production élevés et, pour les atteindre, des exigences technologiques comparables.

En ce moment, parallèlement à la mise en valeur des salmonidés orientée vers une production à grande échelle, la participation des collectivités et du grand public suscite de l'intérêt. Précieuse surtout comme moyen de sensibilisation des masses et de protection des ressources, la participation du grand public peut donner corps à des possibilités de mise en valeur souvent trop restreintes pour justifier le coût de piscifactures salmonicoles sophistiquées. Toutefois, l'efficacité opérationnelle des petites installations reste essentielle, surtout là où le nombre de géniteurs est limité.

Dans le cadre de recherches entreprises pour découvrir des méthodes efficaces de production, l'incubateur à substrat profond a prouvé son potentiel (Bams 1970, 1972; Bailey et Heard 1973; Blackett 1974; Bailey *et al.* 1975). Nécessitant peu d'entretien et relativement peu dispendieux à construire et à exploiter, cet appareil a été utilisé avec succès pour la production de plusieurs espèces de salmonidés (Bams et Simpson 1977). Selon leur taille, de tels incubateurs peuvent aussi satisfaire à une vaste gamme d'exigences de production allant de quelques milliers d'alevins destinés à la recherche jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'individus nécessaires à des programmes de repeuplement. Indépendamment de la taille de l'incubateur utilisé ou de l'espèce exploitée, il faut réaliser une évaluation systématique et rigoureuse du rendement de l'appareil afin d'assurer une production maximale d'alevins de qualité supérieure, favorisant ainsi l'efficacité économique de la production de salmonidés adultes. Le présent manuel vise à contribuer à une telle évaluation et, en fait, à la promouvoir.

Le présent guide a pour but de fournir des lignes directrices pour la réalisation d'un projet de mise en valeur du saumon de l'Atlantique dans le cadre duquel des oeufs doivent être obtenus, fertilisés et incubés en vue de la production de juvéniles destinés au repeuplement. Il préconise l'enregistrement précis et détaillé des données de l'expérience (p. ex. nombre d'oeufs et d'alevins, informations sur les géniteurs, longueur et poids des alevins, emplacement et nombre d'oeufs morts, encore présents dans l'incubateur après l'émergence des alevins) pour l'évaluation objective des méthodes et de l'équipement utilisés.

La rédaction d'un ouvrage comme celui-ci prend en considération le fait que les conditions d'exploitation varient considérablement d'un endroit à l'autre et que la comparaison des résultats expérimentaux entre les différentes zones géologiques nécessite une certaine normalisation des méthodes. Une universalité relative des conditions opérationnelles parmi les projets facilitera l'identification d'éventuelles faiblesses dans les résultats de projets individuels et, ainsi, c'est toute la mise en valeur des salmonidés qui pourra tirer parti des problèmes concernant d'autres exploitations ainsi que des nouvelles méthodes et approches adoptées pour résoudre ces problèmes.

Comme le présent manuel se concentre sur l'incubation des oeufs dans le cadre de la mise en valeur des salmonidés, les données accumulées au cours de son utilisation serviront principalement à évaluer le rendement des incubateurs. Malheureusement, il n'existe en ce moment aucun critère relatif à l'efficacité d'un incubateur ou à la qualité des alevins, mais tout alevin qui survit jusqu'à une taille exploitable ou jusqu'à la reproduction est probablement un «alevin de qualité». Il s'ensuit qu'une piscifacture qui réalise une production élevée de salmonidés adultes par rapport au nombre d'oeufs incubés est efficace. En fin de compte, ces deux critères se fondent du fait que l'apport à la pêche constitue la justification du projet. Comme il n'existe actuellement aucun point de référence pour l'évaluation du rendement d'un incubateur, le présent manuel s'efforce de fournir des paramètres sur lesquels on pourra peut-être un jour baser de tels jugements.

Dans ce contexte, on doit comprendre qu'il n'existe pas de formule unique garantissant le succès d'un projet de mise en valeur des salmonidés. Seuls un examen critique permanent des conditions expérimentales (biologiques et techniques) et la tenue de journaux détaillés des opéra-

tions généreront de nouvelles connaissances qui mèneront à l'amélioration des méthodes et des concepts de mise en valeur. Le présent manuel offre donc des lignes directrices pour la réalisation de projets de repeuplement et constitue un tremplin vers l'amélioration des techniques actuelles.

Les données utilisées pour la rédaction du présent manuel ont été obtenues au cours de l'exploitation, à Terre-Neuve, d'incubateurs à substrat profond (fig. 1). Utilisés depuis 1975, ces incubateurs se sont révélés un choix viable pour la production de saumons de l'Atlantique (Porter et Meerburg 1977). Suite à des évaluations comme celles que préconise le présent guide, on a apporté des modifications mineures à la conception de l'incubateur afin d'uniformiser le débit d'eau et l'on procède actuellement à des essais sur le terrain pour déterminer si le nouvel appareil (fig. 2) constitue une amélioration de la technologie de repeuplement.

Quoiqu'il soit ici question d'un incubateur à substrat profond, à trois compartiments, un grand nombre des méthodes statistiques utilisées sont également applicables à d'autres appareils comme l'incubateur Health-Techna à débit vertical. Cependant, peu importe le type d'appareil, l'exploitation d'une piscifacture nécessitera un approvisionnement d'oeufs fertilisés, un apport d'eau de bonne qualité et un effort considérable pour charger et surveiller l'incubateur et pour enlever et dénombrer les alevins naissants. L'exécution des diverses activités liées à l'exploitation de l'installation produira des données qui auront une importance à long terme sur les objectifs du projet de mise en valeur. L'effort requis pour l'enregistrement de ces données est minime par rapport aux activités comme la capture de géniteurs et la mise en liberté d'alevins et il finira par porter fruits, surtout pour ce qui est de justifier le financement contenu du projet. L'appui financier accordé à des groupes de particuliers s'occupant de projets de mise en valeur des salmonidés exigera habituellement la rédaction de rapports annuels détaillés sur l'avancement des travaux, présentant les données sous forme de tableaux et interprétant les résultats de l'année.

Évaluation du rendement

Il ne serait pas raisonnable d'essayer ici de définir exactement en quoi consiste le rendement d'un incubateur. Étant donné la variabilité propre aux processus biologiques, il est plus réaliste de présenter des lignes directrices générales pour l'exploitation et de tenter de les perfectionner à mesure qu'arrivent de nouvelles données. L'évaluation du rendement d'un incubateur requiert des données recueillies sur une longue période sur les facteurs suivants : poids moyen d'un géniteur, répartition des géniteurs selon l'âge, ponte, longueur et poids des alevins, nombre d'alevins produits, dénombrements de saumoneaux et d'adultes amontants. Ces données faciliteront l'élaboration d'un plan de gestion pour les opérations de mise en valeur susceptible d'harmoniser les activités de repeuplement et les exigences de la génétique des salmonidés. Par conséquent, les calculs présentés ici fournissent des statistiques descriptives qui faciliteront la formulation de critères quant au rendement d'un incubateur.

Méthodes d'exploitation d'un incubateur à substrat profond

Comme les méthodes décrites portent sur le saumon de l'Atlantique, il faudra peut-être les adapter si on les applique à d'autres espèces. Plusieurs des techniques présentées ont été tirées de Davis et Caines (1977). À noter cependant qu'il s'agit seulement de lignes directrices générales et que les exigences opérationnelles des projets de mise en valeur peuvent varier grandement d'un site à l'autre. On devrait toujours examiner minutieusement les projets de ce genre avec les représentants du ministère des Pêches et des Océans (MPO) afin d'assurer une conception adéquate et la légitimité des ingérences dans les populations ichtyologiques. Ces mêmes personnes pourront aussi fournir des conseils sur la conception logique d'appareils comme des réservoirs de transport et des trappes.

Capture des géniteurs, stabulation et préparation à la fraie

Au moment de la transition de l'eau salée à l'eau douce, le saumon de l'Atlantique subit des changements physiologiques pour s'adapter à son nouvel environnement. Lorsqu'il pénètre en milieu fluvial, le poisson est sensible et une manipulation excessive risque d'entraîner sa mort. Pour l'établissement d'un stock de géniteurs, on recommande la capture de poissons qui sont probablement en eaux douces depuis plusieurs jours. La méthode de capture devra elle aussi être bien choisie et l'on suggère de se servir d'une trappe. L'appareil actuellement utilisé à Terre-Neuve provient d'un modèle mis au point par Anderson et McDonald (1978). Conlin et Tutty (1979) décrivent eux aussi des méthodes pour le piégeage de salmonidés.

Les saumons de l'Atlantique adultes ne sont pas matures quand ils arrivent dans leurs rivières natales et, selon le moment de l'entrée, il peut s'écouler de 4 à 5 mo avant qu'ils n'atteignent le stade reproducteur. Des installations adéquates de stabulation doivent donc être fournies. Même si le coût actuel de la construction et de l'exploitation d'un incubateur n'entraînera peut-être que peu de contrainte financière, la stabulation et les procédures sécuritaires ajouteront probablement beaucoup aux frais généraux d'un projet de mise en valeur des salmonidés.

Puisque les saumons adultes disponibles comme géniteurs dans un projet de repeuplement seront en nombre limité, (s'il y avait un grand nombre d'adultes, le projet ne serait peut-être pas nécessaire), on doit s'assurer que le projet dispose d'un nombre adéquat de reproducteurs afin d'éviter les croisements consanguins au sein de la population. Un nombre restreint de géniteurs pourrait entraîner des observations dans la progéniture (comme un plus faible potentiel de survie), ce qui risquerait de réduire les chances de succès de l'expérience. Selon Ryman et Stahl (1980), un minimum de 30 poissons du sexe le moins représenté devrait être utilisé en pisciculture. Du point de vue de la génitique de la population, le rapport entre les sexes devrait idéalement être 1:1. Toutefois, on doit aussi tenir compte du rapport entre les sexes dans les remontées annuelles en milieu naturel. Quand il

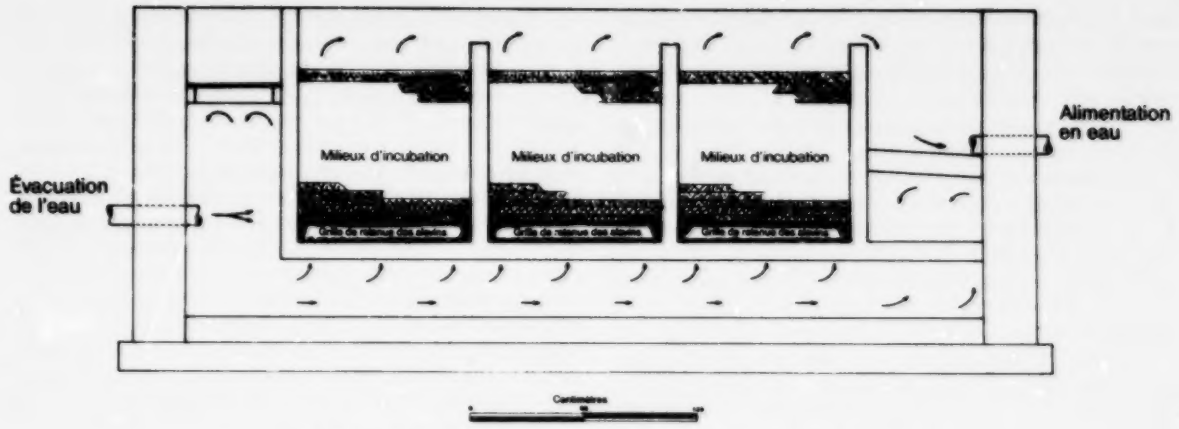

FIG. 1 Incubateur à substrat profond, avec écoulement en série.

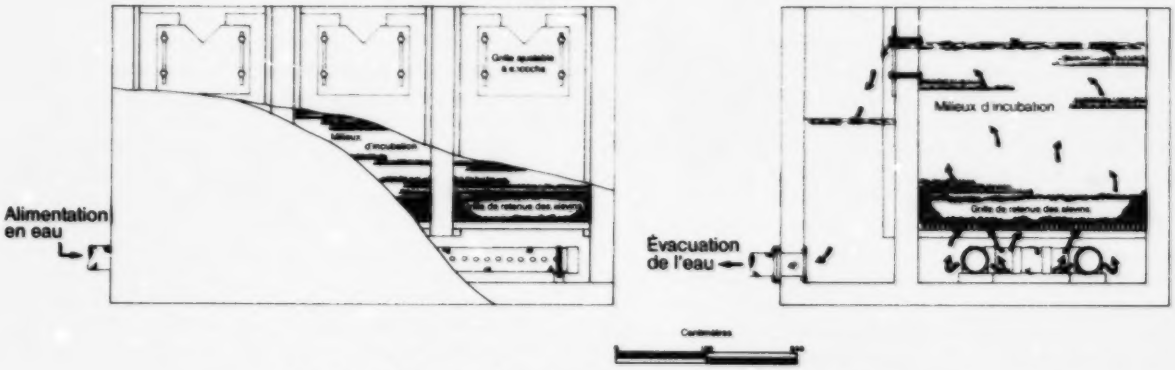

FIG. 2 Incubateur à substrat profond, avec écoulement parallèle.

existe un rapport disproportionné dans ces remontées, l'égalisation arbitraire du rapport entre les sexes des géniteurs, dans le cadre du projet de mise en valeur, accentuerait l'erreur systématique du rapport qui caractérise le reste des reproducteurs laissés dans la rivière. Par contre, si des saumons adultes sont capturés pour l'établissement d'un stock de géniteurs pendant toute la période de remonte en rivière, il est fort probable que le rapport entre les sexes sera semblable à celui des reproducteurs amontants. Si ce rapport dépasse considérablement trois femelles par mâle (c.-à-d. de cinq à sept femelles par mâle), il faudrait communiquer avec le MPO afin d'obtenir des conseils sur les mesures à prendre.

Une fois les poissons capturés, ils devront pouvoir être installé dans des réservoirs jusqu'à la fin du processus de maturation (de 1 à 5 mo). Comme il est souvent impossible de garder le saumon à l'endroit où il a été capturé, un système de transport des adultes sera peut-être nécessaire. Smith (1978) a décrit les exigences en matière de bassins de transport, tandis que Haskell (1955), Westers (1970) et Westers et Pratt (1977) ont établi la capacité de charge des piscifactures en fonction de la consommation en oxygène et de l'accumulation de produits métaboliques.

En général, on doit surveiller de près la température de l'eau au moment du transfert des adultes et se rappeler que, plus elle est élevée, moins nombreux seront les saumons qui pourront être transportés par charge. Avec un bassin de transport à système de recyclage de l'eau (les détails de construction sont disponibles auprès du MPO, à St. John's (T.-N.)), une densité de 15 kg de saumons par m^3 est raisonnable quand la température est maintenue à 15 °C. On ne doit pas tenter de transférer des saumons adultes quand la température de l'eau dépasse 20 °C et, si des déplacements s'imposent par temps chaud, ils devraient être effectués tôt le matin (c.-à-d. entre 6 h et 9 h). La durée du transport peut aussi constituer un facteur important. Pour tout transfert de saumons adultes qui risque de s'étendre sur plus d'une heure, il faudrait communiquer avec le MPO afin de prendre au préalable des mesures appropriées.

Comme il en a déjà été question, on devra peut-être garder le stock de géniteurs en captivité pendant plusieurs mois avant la maturation. En principe, on calculera 30 kg de saumons adultes par m^3. De même, la température de l'eau et son débit sont des facteurs importants à considérer au cours de la stabulation. Un débit de 2,5 L/min par kg de saumons adultes devrait être suffisant. Avant la

construction d'installations pour la stabulation d'adultes et en prévision de la capture de tout géniteur, on devrait consulter le MPO afin d'établir des caractéristiques opérationnelles précises.

Voici d'autres procédures à suivre avant la fertilisation artificielle du saumon de l'Atlantique :

— accumuler un nombre suffisant de mâles et de femelles (rapport maximum entre les sexes de trois femelles par mâle) pour le chargement de l'incubateur; prévoir 1 550 oeufs par kg de femelles; prévoir un chargement de 70 à 75 oeufs par 100 cm^2 de pelouse artificielle.

EXEMPLE :

Pour un incubateur à trois compartiments comportant 18 épaisseurs de pelouse artificielle (chaque couche mesure 90 cm × 150 cm), on calcule la capacité de chargement comme suit :

18 couches × 3 compartiments × 13 500 cm^2 par couche × 0,72 oeufs par cm^2 = 524 880 oeufs

Cela nécessitera (en fonction d'un poids moyen de de 2,5 kg par femelle)

524 880 oeufs ÷ (2,5 kg par femelle × 1 550 oeufs par kg) = 136 femelles + 136 × 4/3 (c.-à-d. 3 femelles par mâle) = 181 saumons ou 136 femelles + 45 mâles.

REMARQUE : Le poids moyen de saumons disponibles comme géniteurs variera en fonction de la rivière et de l'année. Cette valeur (poids moyen) devrait être calculée avant la fraie.

Il faut 181 saumons pour charger un incubateur de la taille décrite ci-dessus, mais on en capturera au moins 200 afin d'assurer un stock suffisant vu, par exemple, l'incertitude du rapport entre les sexes des géniteurs amontants (la différenciation des sexes est difficile avant 5 sem de la fraie, la mortalité par prédation chez le stock reproducteur (ours, belettes et visons) et la rétention des oeufs dans la cavité corporelle de la femelle. Au moment du chargement de l'incubateur, on pourra envisager d'accroître la densité des oeufs, si l'on dispose d'un excès d'oeufs fertilisés : des incubateurs à substrat profond ont été chargés à une densité de 80 oeufs/100 cm^2, sans accroissement de la mortalité. Toutefois, une densité supérieure à 75 oeufs/100 cm^2 n'est pas recommandée si l'on veut assurer la qualité des alevins. Selon la profondeur de l'incubateur, on pourra ajouter une couche de pelouse artificielle qui recevra les oeufs excédentaires. Il faut cependant prendre garde car les couches additionnelles augmenteront la résistance aux remontées d'eau et peuvent accroître la mortalité des oeufs.

MATURATION DES GONADES CHEZ LES ADULTES

Au début de septembre, il faut retirer tous les adultes de l'aire de stabulation à l'aide d'une senne et les examiner afin de garantir un nombre adéquat de mâles et de femelles. On déterminera en même temps les valeurs moyennes du poids et de la longueur à la fourche en fonction du sexe; ainsi, la taille des alevins obtenus pourra être comparée par la suite à celle des parents, ce qui permettra d'évaluer les caractéristiques des alevins en fonction du milieu d'incubation et de la génétique.

À partir de la mi-octobre, il faut vérifier l'état de maturité sexuelle des saumons adultes. À cette fin, on capture 20 saumons à la senne dans les bassins de stabulation (pas plus de cinq à la fois). On retire délicatement chaque poisson du filet et on lui laisse le temps de se calmer. La tête est alors placée sous le bras du pisciculteur, qui maintient le ventre du saumon vers le haut. Une main gantée (mitaine de laine mouillée) tient la queue tandis que la main libre est placée à quelques centimètres en avant de l'orifice génital. Le pouce et l'index exercent une pression délicate — jamais forte — sur l'abdomen, avec un mouvement vers l'orifice. Si des oeufs ou de la laitance jaillissent, le saumon est mûr. Une fois l'examen terminé, le poisson est relâché dans son bassin de stabulation. Quand six des vingt poissons sont mûrs, la fertilisation artificielle doit commencer le lendemain.

ÉQUIPEMENT

Il faut préparer tout l'équipement pour la fraie le jour avant la fertilisation artificielle et cette préparation exige de laver à fond (savonner et rincer) les accessoires suivants :

— bassins en plastique pour les oeufs (une cuvette ronde par trois femelles pour chaque jour d'activité);
— passoires en plastique (du genre utilisé pour l'égouttement des pâtes alimentaires; s'assurer que les trous ne laissent pas passer les oeufs);
— grosses plumes pour le mélange des oeufs et des spermatozoïdes (une plume d'oie par 30 000 oeufs prévus);
— trois bacs de stabulation (chacun devant garder quatre à cinq saumons immédiatement avant la fertilisation);
— deux tasses à mesurer (1 L);
— deux cylindres gradués (1 L);
— substrat artificiel précoupé (pelouse artificielle) : s'assurer qu'il est taillé aux dimensions désirées pour s'adapter à chaque compartiment et que des trous de 1,3 cm de diamètre sont perforés. Ces derniers seront espacés également pour former une grille de rangées et de colonnes séparées d'environ 5 à 7 cm. Étant donné que la porosité du quadrillage de base des substrats artificiels varie beaucoup (les hachures croisées auxquelles sont attachées les touffes en plastique), le nombre de trous supplémentaires à perforer pourra aussi varier quelque peu en fonction du projet de repeuplement. On recommande de contacter le MPO avant de perforer la pelouse artificielle.

C'est maintenant le moment de pratiquer toutes les étapes du processus de fertilisation artificielle à l'aide d'un saumon imaginaire.

PROCESSUS DE FERTILISATION ARTIFICIELLE (À L'ÉTAT VIF)

Tout l'équipement nécessaire (bassins, essuie-mains, mitaines de laine, plumes, etc.) doit être propre et en place, immédiatement avant le processus de fécondation. Les bassins doivent avoir été lavés à l'eau chaude et savonneuse, puis rincés à fond.

Les poissons mûrs (neuf femelles et trois mâles) sont capturés et triés en trois lots, répartis dans des bacs de stabulation à proximité du site de fertilisation. Pas plus de cinq poissons ne seront pris à chaque trait de senne. La fécondation aura lieu à un endroit abrité des rayons solaires directs.

Avec sa main gauche gantée d'une mitaine de laine mouillée, le pisciculteur sort délicatement une femelle du bassin, attend qu'elle se calme puis lui essuie légèrement le ventre avec une serviette. Il lui enveloppe la tête d'un essuie-main et la lui maintient fermement sous son bras, tout en lui retenant la queue avec sa main gantée. Pendant la fertilisation, il maintient le géniteur en position fortement inclinée, la tête vers le haut, le dos tourné vers lui et toute la partie inférieure surplombant le bassin (pas plus de 15 cm au-dessus de celui-ci). Ce bassin doit être placé sur une table, à une hauteur qui convient à l'opérateur. Une telle position permet le libre jaillissement des oeufs et prévient la rupture de la membrane ovulaire suite à l'impact contre le fond du bassin de fécondation. On ne doit jamais serrer le poisson près des ouïes et des nageoires pectorales. Avec le pouce et l'index de la main nue, le pisciculteur exercera une pression sur l'abdomen, plusieurs centimètres en avant de l'orifice génital et en descendant vers celui-ci. Les oeufs les plus proches de l'orifice sont les plus mûrs et jaillissent facilement. Après chaque mouvement, la main doit remonter progressivement vers la tête pour extraire les oeufs contenus au fond de la cavité corporelle. Au cours du processus, on doit diriger les oeufs le long de la paroi inclinée du bassin en faisant attention de ne pas les catapulter contre le fond. (Les oeufs brisés réduiront le taux de fertilisation.) Ne pas appliquer de pression en avant des nageoires pectorales pour ne pas causer de blessures aux organes internes. En faisant sortir les derniers oeufs, il faut éviter d'appliquer trop de pression car du sang pourrait se mêler aux oeufs et réduire ainsi la fertilité. Si les oeufs sont « à point », ils jailliront librement sous une légère pression des doigts, du début à la fin de l'opération. Pendant la reproduction, le saumon (surtout la femelle) peut soudainement se raidir et avoir plusieurs spasmes musculaires. Dans ces circonstances, on maintient le corps fermement mais sans brutalité. Au cours de telles flexions, les oeufs passent de la partie antérieure à la partie postérieure de la cavité corporelle et sortiront donc plus facilement. À ce moment, on arrête les activités de fertilisation artificielle et on tient le poisson jusqu'à ce qu'il se calme et se décontracte.

Par intervalles au cours de l'extraction des oeufs, il faut faire couler dans le bassin un filet de spermatozoïdes (laitance), qui sera mélangé avec les oeufs à l'aide d'une plume. On fait pondre une seconde femelle, on arrose ses oeufs de la laitance obtenue du second mâle, puis on mélange avec une plume. Les oeufs d'une troisième femelle reçoivent la laitance de l'un ou l'autre des deux mâles. On doit s'assurer que la laitance ajoutée à chaque bassin d'oeufs (production de trois femelles) provient d'au moins deux mâles afin de maintenir la diversité génétique du stock de saumon. Il est souhaitable que des équipes travaillent simultanément de manière à ce que deux mâles soient toujours disponibles pour une fécondation croisée entre les bassins d'oeufs. Chaque fois qu'un filet de laitance est ajouté aux oeufs, on le mélange à ces derniers à l'aide d'une plume d'oie. Une fois le bassin rempli à la moitié ou aux deux tiers d'oeufs fertilisés (les oeufs et les spermatozoïdes sont en contact depuis 5 min, on y ajoute un volume d'eau de rivière environ égal à celui des oeufs. On laisse ensuite reposer de 5 à 10 min.

On obtient la laitance des mâles en travaillant à peu près de la même manière qu'avec les femelles. Le ventre est soigneusement essuyé pour que de l'eau ne se mêle pas à la laitance. La face ventrale du mâle doit être tournée vers le bas et l'on exerce la pression sur les flancs plutôt que sur le ventre comme pour la femelle.

On reprend les oeufs fécondés et on les rince à plusieurs reprises pour enlever l'excès de laitance, les mauvais oeufs et les diverses impuretés, qui pourraient être une source de moisissures. On les dépose ensuite dans des passoires (placées dans un lent courant d'eau d'environ 10 cm de profondeur) et on les laisse reposer pendant 2 à 3 h afin de permettre le durcissement des oeufs par absorption d'eau. Ils doivent être protégés des rayons solaires directs, qui sont létaux pour les oeufs frais (verts). Les poissons vides sont délicatement relâchés dans l'eau.

Précautions

- Manipuler délicatement le poisson : le saumon de l'Atlantique peut frayer plusieurs fois.
- Éviter l'entrée d'eau dans les bassins de fertilisation.
- Effectuer les opérations de fertilisation artificielle à l'abri de la lumière solaire directe.
- Bien mélanger les oeufs et les spermatozoïdes à l'aide d'une plume, tout en prenant soin de ne pas endommager les oeufs fertilisés (c.-à-d. briser les membranes).
- Après la fertilisation, s'assurer que tout excès de laitance est éliminé des bassins de fécondation avant de placer les oeufs dans une passoire pour le durcissement à l'eau.

Ne pas serrer le poisson ni le maintenir seulement par la queue (la tête en bas).

REMARQUE : Si le poisson n'est pas mûr, on le garde dans un bassin séparé des autres géniteurs. Il est maintenu en stabulation jusqu'à la fin du processus de fertilisation artificielle, puis son état de maturité est à nouveau vérifié.

Mesures préparatoires à l'incubation des oeufs

Les bacs d'incubation et les morceaux de pelouse artificielle doivent avoir été nettoyés à la brosse et être libres de dépôts visqueux et d'autres matières étrangères (sciure de bois, etc.).

Placer 7 cm de gravier grossier (de 2,5 à 5,0 cm de grosseur) lavé, sur le double fond à planchettes, puis 7 cm de gravier roulé (de 0,5 à 1,0 mm de grosseur). On vidange les incubateurs plusieurs fois en ouvrant et en fermant les valves afin d'éliminer toute vase des couches de gravier.

Avant le chargement, il faut s'assurer que le débit d'eau dans les bacs est minime afin qu'il ne puisse déplacer les oeufs.

REMARQUE : Après 2 h de durcissement au cours desquelles les oeufs fertilisés gardés dans des passoires sont soumis à un faible débit d'eau,

on enlève tous les oeufs morts (blanc et opaque) à l'aide d'une pipette sertie d'une poire en caoutchouc.

On détermine le nombre d'oeufs dans chaque bassin par l'analyse volumétrique suivante :

- Remplir jusqu'à 900 mL, avec de l'eau de rivière, un cylindre gradué de 1 L. Y ajouter une quantité suffisante d'oeufs égouttés (à l'aide d'une passoire à thé) pour amener le volume à 1 000 mL.
- Compter le nombre d'oeufs dans le cylindre afin d'en déterminer le nombre par 100 mL de déplacement volumétrique.
- Replacer les oeufs comptés dans le bassin et répéter l'opération au moins une fois pour tous les bassins.
- On devra effectuer au moins 10 dénombrements par jour pendant tout le processus de fertilisation artificielle. Si, une journée particulière, moins de 10 bassins d'oeufs sont obtenus, effectuer plus d'un comptage par bassin jusqu'à l'obtention de 10 dénombrements.
- Après le contrôle de tous les bassins, déterminer le nombre moyen d'oeufs par 100 mL de déplacement volumétrique pour la ponte de la journée, c.-à-d. le nombre total d'oeufs comptés ÷ le nombre de dénombrements.
- Déterminer le déplacement volumétrique total des oeufs pour chaque jour : remplir de 2 L d'eau de rivière un vase de 5 L, y ajouter tous les oeufs récoltés cette journée-là (égoutés à l'aide d'une passoire) et noter le niveau de l'eau résultant.
- Évaluer le nombre d'oeufs fertilisés comme suit : déplacement volumétrique × nombre moyen d'oeufs par 100 mL ÷ 100.

CHARGEMENT DES OEUFS

Placer une couche de pelouse artificielle au fond de chaque compartiment de l'incubateur. On recouvre chaque couche de 3 à 4 cm de roche concassée lavée, pour l'empêcher de flotter. Aucun oeuf n'est placé sur la couche inférieure : on commence le chargement sur la deuxième couche. Déterminer le nombre d'oeufs nécessaires par couche, à une densité de 70 à 75 oeufs par 100 cm^2. Ce volume est calculé comme suit :

$$\frac{\text{nombre d'oeufs nécessaires par couche}}{\text{nombre moyen d'oeufs par mL}}$$

Par exemple :

Si une couche de pelouse mesurant 90 cm × 150 cm est utilisée par compartiment et doit être recouverte d'oeufs à une densité de 0,73 par cm^2, on aura besoin de 9 855 oeufs par couche.

Étant donné un nombre moyen de 700 oeufs par 100 mL de déplacement (c.-à-d. 7 oeufs/mL), par jour d'opération, le volume d'oeufs requis par couche de pelouse sera :

$$\frac{9\,855}{7} = 1\,408 \text{ mL}$$

Ainsi, 1 408 mL d'oeufs (déplacement volumétrique) seront requis par couche, par compartiment. Il faut distribuer les oeufs uniformément sur toute la couche de pelouse artificielle afin d'assurer une oxygénation égale et d'empêcher le feutrage de moisissures autour des oeufs qui meurent pendant l'incubation. Les oeufs seront déversés à la surface de l'eau recouvrant la pelouse. Une bonne distribution comprend des oeufs seuls ou deux par deux déposés dans les interstices du substrat, et peu d'aggrégats de plus de cinq oeufs.

Remplir tous les compartiments de l'incubateur au même rythme de façon à simplifier la régulation du débit de l'eau pendant le chargement. Une fois chaque couche de pelouse ensemencée, la recouvrir délicatement d'une autre épaisseur de substrat et répéter l'opération. Quand chaque compartiment est rempli, ajouter une dernière couche qui sera fixée avec plusieurs pelletées de gravier. Ne pas charger cette couche d'oeufs.

Ajuster le débit dans les bacs à 0,75 mL la minute par 1 000 oeufs.

REMARQUE : Peu après le chargement des incubateurs, les oeufs sont très sensibles aux chocs; NE PAS HEURTER LES INCUBATEURS.

Pendant l'incubation, on doit s'assurer que les incubateurs ne sont pas dérangés. À certains stades du développement des oeufs de salmonidés, les embryons deviennent très sensibles aux vibrations. (Smirnov 1959). On ne doit pas toucher les incubateurs à ce moment-là.

Selon la température de l'eau, il faudra peut-être traiter périodiquement les incubateurs avec un fongicide, mais probablement pas si la température moyenne de l'eau au cours de l'incubation se situe à moins de 4 °C. Si, par contre, la température dépasse de beaucoup cette valeur, l'eau d'alimentation devra être traitée régulièrement avec un fongicide sans zinc. Burrows (1949), Johnson *et al.* (1955), Cline et Post (1972) et Stevenson (1980) dérivent les procédures de traitement mais, avant de faire quoi que ce soit, on devra obtenir des conseils du MPO.

Indépendamment de la température de l'eau, on devra vérifier d'une façon périodique l'oxygène de l'eau d'alimentation et d'évacuation. Au moment de l'éclosion des oeufs, la demande en oxygène augmentera (Mason 1969), ce qui diminuera grandement le pourcentage de saturation de l'eau d'évacuation. Si la concentration en oxygène baisse au-dessous de 80 % de saturation, on augmente le débit d'eau d'alimentation jusqu'à ce que la concentration d'oxygène soit à nouveau supérieure à 80 % ou que le débit atteigne 0,9 L/min/1 000 oeufs. Un débit trop rapide entraînera la rupture de la vésicule vitelline des alevins.

Une émergence prématurée représente un problème propre à l'exploitation d'un incubateur à substrat profond. Idéalement, les alevins ne devraient pas sortir du médium d'incubation avant la résorption du vitellus, quand ils sont prêts à chercher une source externe de nourriture. Si l'on observe des alevins à grosse vésicule tentant de quitter l'incubateur, on placera une source artificielle de lumière au-dessus de celui-ci jusqu'à ce que le vitellus soit résorbé : il peut falloir de 2 à 3 sem d'éclairage électrique.

Dénombrement des alevins

Une fois la vésicule vitelline résorbée, on cesse l'illumination artificielle et l'on permet aux alevins de quitter l'incubateur. Il serait préférable que des bacs de retenue (fig. 3) soient installés au déversoir de l'incubateur pour recueillir les alevins à leur sortie de chaque compartiment d'incubation. On doit s'assurer que le débit d'eau dans chaque bac est suffisant pour bien oxygéner les alevins capturés. La vitesse du débit ne doit cependant pas être rapide au point de les coincer contre le grillage de surverse. Vers le début et la fin de l'émigration des petits poissons, quand leur nombre est inférieur à 2 000 par jour, on peut réaliser un dénombrement réel tandis que pendant les périodes d'émigration de pointe où un comptage absolu n'est pas réalisable, on détermine leur nombre par volumétrie. Cette méthode est semblable à celle décrite pour le dénombrement des oeufs :

- Remplir d'eau jusqu'à 900 mL un cylindre gradué de 1 L.
- À l'aide d'une petite passoire (grillage ou passoire à thé), cueillir une certaine quantité d'alevins du bac d'alevinage et les transférer dans le cylindre.
- S'assurer que le plus d'eau possible a été enlevée de la passoire et répéter l'opération jusqu'à ce que le niveau d'eau dans le cylindre gradué atteigne 1 L (déterminer toujours de la même façon le niveau d'eau dans le cylindre gradué).
- Dénombrer manuellement les alevins à tous les cinq cylindres, et noter les valeurs obtenues et le nombre de volumes mesurés en plus de tout autre alevin qui n'aurait pas été inclus dans la numération par déplacement (tableau 1).

REMARQUE : Soulignons ici que ce sont les données brutes (c.-à-d. volumes mesurés, dénombrements et alevins supplémentaires), et non les calculs approximatifs effectués sur le terrain, qui sont les plus importantes pour l'évaluation globale du projet. Les calculs approximatifs aideront à déterminer la répartition appropriée des alevins dans les zones d'alevinage mais ne contribueront pas à l'évaluation de l'incubateur.

- Ne pas permettre l'accumulation d'alevins dans les bacs d'alevinage pendant plus d'un jour. À intervalles réguliers pendant le dénombrement, les alevins seront déversés dans des zones d'alevinage (c.-à-d. ruisseaux, auges d'alevinage, bassins allongés, etc.).
- La collecte quotidienne d'échantillons dans chaque compartiment de l'incubateur facilitera l'évaluation de la taille des alevins. Ces échantillons seront conservés immédiatement dans le formol à 5 %. Chaque échantillon (environ 15 ou 20 alevins) sera placé dans une fiole distincte portant la date d'échantillonnage, le numéro du compartiment, le numéro de l'incubateur et le nom de la piscifacture (écrits sur un papier à l'encre indélébile).

Chaque échantillon devra contenir plus de 12 poissons mais, à toutes fins pratiques, pas plus de 20. Après

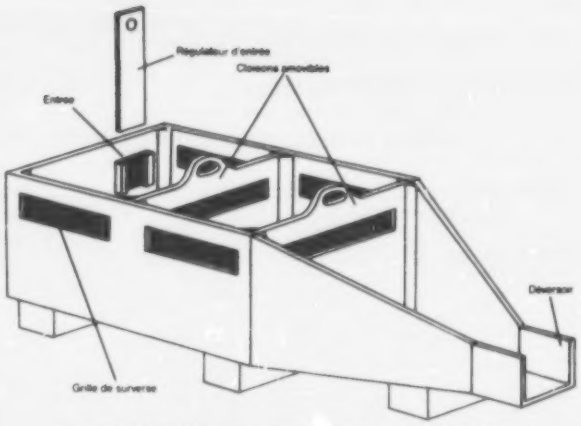

FIG. 3 Bac de retenue des alevins de salmonidés.

80 d dans le formol, les alevins sont mesurés au millimètre près et pesés au 0,1 g près. Les données seront notées selon le modèle du tableau 2.

Quand il semble que tous les alevins sont sortis de l'incubateur, on enlève la pelouse artificielle pour chercher, selon la procédure, s'il en reste :

- Couper l'entrée d'eau de l'incubateur.
- Enlever chaque couche de pelouse artificielle, une à la fois, en prenant soin de ne pas déloger les oeufs ou les alevins présents. À cette fin, soulever les quatre coins en même temps et empêcher l'affaissement du centre.
- En faisant très attention, enlever le gravier grossier qui peut se trouver sur la pelouse artificielle : normalement, une petite quantité de roche est présente afin d'empêcher le substrat de flotter.
- Diviser la couche en petites sections pour faciliter le dénombrement (un quadrillage étalon posé sur la surface du substrat, comme à la fig. 4, constitue la meilleure solution et permet de maintenir l'uniformité des données entre les compartiments).
- Compter et noter le nombre et l'emplacement (en fonction du quadrillage comme à la fig. 4) des oeufs et des alevins morts, en suivant le modèle du tableau 3. Noter aussi l'état d'envasement et tout autre détail pertinent.

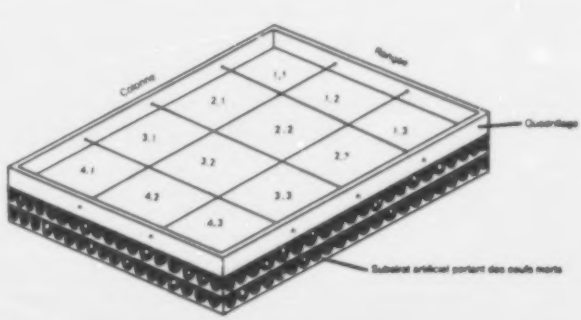

FIG. 4 Quadrillage étalon pour le dénombrement des oeufs morts et leur localisation sur le substrat artificiel.

TABLEAU 1 Dénombrement des alevins. Feuille de données brutes.

Nom de la piscifacture _____ Page _____ de _____

N° de l'incubateur _____ N° du compartiment _____

Date : Jour _____ Mois _____ Année _____

Volumes	Nombre	Volumes	Nombre	Volumes	Nombre	Volumes	Nombre
1		1		1		1	
2		2		2		2	
3		3		3		3	
4		4		4		4	
5		5		5		5	
Alevins supplémentaires							

Total approximatif = volumes ( ) × nombre ( ) + supplémentaires ( )

=		=		=		=	
1		1		1		1	
2		2		2		2	
3		3		3		3	
4		4		4		4	
5		5		5		5	
Alevins supplémentaires							

Total approximatif = volumes ( ) × nombre ( ) + supplémentaires ( )

=		=		=		=	

TABLEAU 2 Feuille de données sur la taille des alevins.

Nom de la piscifacture _____

N° de l'incubateur _____ Date de la collecte _____

Spécimen	Compartiment 1		Compartiment 2		Compartiment 3	
	Longueur (fourche)	Poids	Longueur (fourche)	Poids	Longueur (fourche)	Poids
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

REMARQUE : Les piscifactures n'auront pas toutes besoin de l'ensemble des éléments du tableau 3. Chaque cellule du quadrillage étalon devrait mesurer 20 × 20 cm (c.-à-d. dans un compartiment d'incubateur de 80 × 160 cm, il y aura 4 × 8 = 32 cellules du quadrillage).

— Retourner la pelouse artificielle et noter tout ce qui y est attaché (en suivant toujours le tableau 3).

— Par intervalles, ouvrir l'entrée d'eau au cas où des alevins vivants seraient présents.

— Compter tout alevin vivant et les déposer dans la zone d'alevinage choisie.

— Une fois toute la pelouse artificielle enlevée de l'incubateur, laver le substrat et l'incubateur à la brosse et à l'eau savonneuse et les rinser pour éliminer tout résidu.

— Garder les incubateurs (surtout ceux en bois) mouillés pendant la saison d'inaction afin d'empêcher le rétrécissement et le gauchissement du bois.

Évaluation d'incubateurs

La présente section explique la façon de calculer :
1) le nombre d'oeufs chargés;
2) le nombre d'alevins produits;
3) la survie de l'oeuf à l'alevin;
4) la répartition des oeufs morts (au hasard ou par agglutination); et
5) l'indice de développement des alevins.

On décrit aussi des méthodes pour comparer les caractéristiques morphométriques des alevins en fonction des compartiments de l'incubateur.

Même si les calculs semblent redoutables à certains, ils ne devraient pas décourager personne de s'engager dans des projets de mise en valeur des salmonidés. Ce sont les données requises pour les calculs qui sont importantes et non pas les équations elles-mêmes. De fait, on peut se procurer des programmes informatisés qui contiennent les indicateurs numériques du rendement d'un projet de mise en valeur. Pour obtenir une compréhension de base des méthodes qui suivent, voir les explications de calculs particuliers à la p. 11.

MÉTHODES STATISTIQUES

Tous, sauf le curieux insatiable, peuvent laisser tomber cette section. Les équations statistiques utilisées pour l'évaluation des incubateurs sont définies dans Steel et Torrie (1960). Les plus communes sont les suivantes :

— variance de l'échantillon (équation 22.4)

$$S^2 = \frac{\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}}{n - 1}$$

(REMARQUE : l'écart-type $S = \sqrt{S^2}$)

— facteur de correction relative à une population finie

$$fpc = \frac{N - n}{N}$$

— intervalle de confiance (équation 22.7)

$$IC = \bar{y} \pm t \sqrt{\frac{S^2}{n} \cdot \frac{N - n}{N}}$$

où

$\bar{y}$ = moyenne de l'échantillon
t = valeur t de Student (test bilatéral) avec $n - 1$ degrés de liberté (d.l.) et un niveau de 0,05 de signification (Appendice 2)
n = nombre de volumes comptés
N = nombre total de volumes mesurés.

Les médianes mobiles sont calculées selon Tukey (1977, p. 210–211). On en présente un exemple de calcul dans l'appendice 1 (p. 18–19). Les variances des estimateurs de quotient sont calculées à l'aide de la méthode Jackknife (Smith 1980; équation 11). L'équation est la suivante :

$$\hat{V}(\hat{R}_J) = \frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum^{n} (R_{-j}' - R_J)^2$$

où

$\hat{V}(R_J)$ = estimation de la variance du quotient
R_J = moyenne des quotients (c.-à-d. l'estimateur Jackknife)
R_{-j}' = moyenne des quotients moins le j^e quotient.

L'intervalle moyen de confiance d'un quotient est calculé de la façon suivante :

$$IC = R_J \pm t_{(0,05)} \cdot \sqrt{\hat{V}(R_J)}$$

La comparaison des statistiques obtenues pour chaque compartiment s'effectue selon la procédure T3 de Dunnet (1980), comme suit :

$$\bar{y}_i - \bar{y}_j \pm A_{ij}.\alpha.k \, (s_i^2/n_i + s_j^2/n_j)^{1/2}$$

où

$$A_{ij}.\alpha.k = \text{SMM}\alpha.k^*.v_{ij}$$

et

SMMα,k^*,v_{ij} est le point α de la distribution du coefficient maximal, normalisée selon le test de Student, de k^* variables normales indépendantes. Ce point requiert le nombre approximatif de degrés de liberté de Statterthwaite (1946), calculé comme suit :

$$\hat{v}_{ij} = \frac{(s_i^2/n_i + s_j^2/n_j)^2}{s_i^4/n_{ii}^2 + s_j^4/n_j^2 V_j}$$

où

$\hat{v}_{ij}$ est une estimation du nombre de degrés de liberté pour une comparaison des paires;
i et j sont des indicateurs de la comparaison des paires (c.-à-d. compartiments 1 et 2, 2 et 3 et 1 et 3)

TABLEAU 3 Distribution des oeufs morts et des alevins restants dans le substrat artificiel.

Nom de la piscifacture _____

N° de l'incubateur _____ N° du compartiment _____ N° de la couche (en partant du haut) _____

Date du nettoyage de l'incubateur Jour _____ Mois _____ Année _____

Rangée	Côté du substrat	1 O	1 A	2 O	2 A	3 O	3 A	4 O	4 A	5 O	5 A	6 O	6 A	7 O	7 A	8 O	8 A	9 O	9 A	10 O	10 A
1	Dessus																				
	Dessous																				
2	Dessus																				
	Dessous																				
3	Dessus																				
	Dessous																				
4	Dessus																				
	Dessous																				
5	Dessus																				
	Dessous																				
6	Dessus																				
	Dessous																				
7	Dessus																				
	Dessous																				
8	Dessus																				
	Dessous																				
9	Dessus																				
	Dessous																				
10	Dessus																				
	Dessous																				

O = oeufs A = alevins

s = $\sqrt{S^2}$ = écart-type du paramètre moyen d'un compartiment

n = nombre d'alevins échantillonnés par compartiment

V = $n - 1$

Pour faciliter le calcul, on obtient les valeurs critiques du coefficient maximal selon le test de Student requises pour la solution de l'équation 1.2 (p. 296) de Dunnet (1980) par interpolation linéaire selon Stoline et Ury (1979).

Calculs

Chargement de l'incubateur

- nombre moyen d'oeufs = total des dénombrements ÷ nombre de dénombrements
- oeufs par mL = nombre moyen ÷ 100
- volume (mL) d'oeufs ensemencés par couche = nombre visé d'oeufs par couche ÷ nombre d'oeufs par mL (d'après la p. 6)
- volume total (mL) d'oeufs ensemencés = nombre total de couches ensemencées × nombre de mL par couche

— nombre total d'oeufs ensemencés = volume total (mL) × nombre d'oeufs par mL
— « intervalle de confiance » étendu au total des oeufs = intervalle de confiance du nombre moyen (d'après la p. 10) ÷ 100 × volume total d'oeufs (mL).

Distribution des oeufs morts

— équations de l'écart-type et de la médiane mobile comme susmentionné (voir aussi l'appendice 1, p. 18–19).

Dénombrement des alevins

— nombre estimatif d'alevins (par jour; par compartiment; par incubateur) = nombre moyen/ 100 mL de déplacement × volumes mesurés + nombre d'alevins supplémentaires
— intervalle de confiance = limites de confiance calculées d'après le nombre moyen par incubateur × volumes mesurés + nombre d'alevins supplémentaires.

Estimation de la survie

— survie = (estimation ponctuelle du nombre d'alevins produits ÷ estimation ponctuelle du nombre d'oeufs incubés) × 100
— envergure intuitive de la survie = (nombre minimum d'alevins produits ÷ nombre maximum d'oeufs incubés) × 100 à (nombre maximum d'alevins produits ÷ nombre minimum d'oeufs incubés) × 100

REMARQUE : Les estimations de la survie ne sont pas statistiquement valides.

Caractères morphométriques des alevins

— indice de développement

$$k_D = \frac{10 \times \sqrt[3]{\text{poids en mg}}}{\text{longueur en mm}}$$

— tous les autres calculs selon les équations de la variance de l'échantillon et de la variance Jackknife susmentionnées (voir aussi l'appendice 1, p. 25).

Discussion

En certaines occasions au cours de l'exploitation d'une piscifacture, comme aux périodes d'émigration de pointe, il faudra faire un compromis entre un dénombrement précis des alevins (dans le cas de dénombrements manuels) et la mise en liberté (dans quelque milieu que ce soit) de poissons sains. Le choix du pourcentage d'alevins à compter (c.-à-d. un volume sur cinq, un sur sept, un sur dix, etc.) ne devrait pas être pris à la légère. Si, pendant le dénombrement, la température de l'eau augmente et qu'il y a un risque de stress pour les alevins, il serait certainement préférable de simplifier les procédures d'énumération au lieu d'accroître la mortalité des alevins. Par contre, un dénombrement partiel vaut mieux que l'absence de comptage. Dans des conditions défavorables, on réduira la fréquence des dénombrements de manière à compter un volume sur dix ou même un sur vingt au lieu d'un sur cinq. On devrait essayer d'obtenir au moins 10 comptes exacts par compartiment d'incubation par jour afin de maintenir une certaine crédibilité statistique. Une diminution de la fréquence des dénombrements d'alevins entraînera principalement un plus grand écart de l'intervalle de confiance. Cette diminution est un compromis pratique, préférable à une évaluation inexistante de la production d'alevins et pourrait, de fait, être importante pour le maintien du financement du projet en question.

Quand on travaille avec des ressources naturelles renouvelables, on est souvent forcé d'accepter, entre les disciplines, un compromis de nature biologique. Il faut reconnaître que l'étude de systèmes biologiques comporte des contraintes techniques, économiques, mathématiques et statistiques, mais il n'est pas toujours possible de satisfaire à tous les besoins interdisciplinaires. Dans le présent cas, l'évaluation du rendement des incubateurs pour oeufs de salmonidés rencontre un conflit entre l'économie et la statistique. Pour satisfaire aux exigences mathématiques indispensables à la détermination de la survie des oeufs pendant l'incubation, un incubateur devrait posséder de nombreux compartiments (ou alors, il devrait y avoir un grand nombre d'incubateurs par piscifacture) de façon à ce que les données comprennent plusieurs estimations (doubles) des oeufs incubés et des alevins produits. Ceci nécessiterait de petits incubateurs modulaires dont chacun serait considéré comme une unité de production séparée. Pour ce qui est des projets de mise en valeur de petite ou de moyenne envergure (c.-à-d. une capacité d'incubation allant de 0,5 à 2 millions d'oeufs), la construction de quelques gros incubateurs s'est jusqu'à maintenant révélée moins dispendieuse que l'installation de nombreuses petites unités. Étant donné que les projets de mise en valeur des salmonidés doivent démontrer une rentabilité potentielle pendant la planification, les problèmes statistiques générés par la conception de l'incubateur à trois compartiments n'ont pas encore pris le pas sur le facteur coût propre à la construction de petites unités, surtout quand on considère les caractéristiques de production avantageuses du présent modèle.

Survie de l'oeuf à l'alevin

Dans l'évaluation du rendement d'un inbubateur, il faut avant tout établir une estimation statistiquement valide de la survie de l'oeuf à l'alevin. Ce rapport est basé sur deux estimateurs (c.-à-d. le nombre d'alevins produits et d'oeufs incubés), calculés à l'aide de différents ensembles de données. Quoique Cochran (1977) fournit un moyen de déterminer l'intervalle de confiance quand le numérateur et le dénominateur d'une fraction sont basés sur des valeurs égales pour les volumes comptés et les volumes mesurés (n et N respectivement dans l'équation 2.45 de Cochran), les estimations du nombre d'oeufs et d'alevins dans la présente situation ne se conforment pas à cette restriction. Une autre approche consiste à estimer la survie de l'oeuf à l'alevin en fonction du compartiment et ensuite, par répétition, à déterminer la distribution statistique des estimateurs du rapport. Dans le cas d'un incubateur à plusieurs compartiments, cette seconde approche a

du potentiel. Toutefois un incubateur devrait posséder quelque 10 ou 12 compartiments (c.-à-d. des doubles de l'estimateur de la survie en incubateur) pour satisfaire aux exigences de cette méthode statistique.

L'économie d'espace, un coût de construction raisonnable et l'efficacité d'exploitation constituent en grande partie les attraits d'un incubateur à substrat profond. De plus, le modèle à trois compartiments actuellement utilisé à Terre-Neuve est bien adapté aux petits projets axés sur la participation du grand public, qui se fondent sur un nombre limité de géniteurs et nécessitent souvent l'incubation de 300 000 à 500 000 oeufs seulement. Comme il existe une limite à la capacité de charge d'un incubateur, le compartimentage de l'unité en 10 ou 12 divisions signifierait le rejet de l'incubateur à substrat profond en faveur du modèle à matrice superficielle (McNeil 1969; Lannan 1975; Poon 1977). Ce dernier type d'incubation n'a pas encore été étudié à Terre-Neuve.

Les limites biologiques relatives au nombre de géniteurs qui peuvent être utilisés pour un projet de mise en valeur, en plus des restrictions techniques de l'approvisionnement en eau, des contraintes économiques du coût de production par saumon adulte et de l'expérience générée par l'exploitation de divers moyens d'incubation d'oeufs de salmonidés, sont tous des facteurs qui semblent indiquer que l'incubateur à substrat profond est un moyen avantageux de réaliser les possibilités de production de saumons à Terre-Neuve. Par contre, il faut souligner que les restrictions statistiques liées aux calculs de la survie infirment la comparaison quantitative de la survie entre les piscifactures et entre les classes d'âge produites au même endroit.

Le présent manuel vise à encourager l'enregistrement des données relatives à l'incubateur et, ainsi, rendre moins subjective l'interprétation de son rendement. L'incapacité de formuler des énoncés statistiquement valides sur la survie de l'oeuf à l'alevin constitue simplement un défi quant à la justification des caractéristiques d'exploitation d'un incubateur. En l'absence de moyens quantitatifs pour calculer les vraies limites de confiance de ces estimations de la survie, on recommande de fournir des preuves indirectes pour l'estimation des alevins produits, ce qui peut se faire par déduction.

Quoique l'estimateur du rapport (c.-à-d. l'estimation de la survie) soit lui-même statistiquement discutable, ses composantes (alevins produits et oeufs incubés) individuelles sont valides du point de vue statistique. Donc, s'il est possible de dénombrer précisément les oeufs morts restés dans l'incubateur à la fin de la période d'incubation (comme dans le cas d'incubation à faible température), on pourra raffiner le calcul des alevins produits en soustrayant les oeufs morts des limites inférieure et supérieure du nombre estimatif d'oeufs chargés. Les chiffres ainsi obtenus viennent biologiquement étayer l'évaluation générée par le calcul de la survie décrit ci-dessus. Cet apport de preuves sera tout probablement suffisant pour la réalisation des évaluations gestionnelles de la plupart des projets, jusqu'à ce que des techniques appropriées soient proposées pour résoudre le problème de l'estimateur de la survie.

INDICE DE DÉVELOPPEMENT

L'utilisation d'un indice de développement constitue aussi matière à intérêt pour ce qui est de la comparaison statistique des estimateurs de rapport. Quoique la relation entre le poids et la longueur des alevins comporte une réelle signification biologique en ce qu'elle fait correspondre le stade de développement au moment de l'émigration des alevins (Bams 1970), les hypothèses avancées sur les comparaisons statistiques à partir d'estimateurs de rapport (Atchley *et al.* 1976; Atchley 1978; Atchley et Anderson 1978; Hills 1978; Dodson 1978; Albrecht 1978) indiquent qu'il serait avisé de procéder avec prudence dans l'analyse des données sur les rapports. Le présent manuel suit une méthode considérée comme étant consacrée par l'usage.

Il est évident que des procédures statistiques pour la comparaison des estimateurs de rapport faciliteraient énormément la complexe étude de la taille et de la forme (Alexander 1971) chez les organismes. Quoique des analyses à plusieurs variables aient été proposées pour des études scientifiques de la forme (Humphries *et al.* 1981; Hansell *et al.* 1980), de telles techniques dépassent la portée du présent manuel. Dans les calculs décrits ci-dessus, des intervalles de confiance sont attribués aux indices de développement selon une approche considérée comme étant prudente. Durbin (1959) a démontré que, s'il y a une relation linéaire entre le numérateur et le dénominateur d'une estimation de rapport, la technique Jackknife réduit la variance et l'erreur systématique. Vu que la variance générée par la méthode Jackknife a été appliquée avec succès à des estimations non linéaires (dans Smith 1980) et qu'il y a eu confirmation du postulat de Tukey (1958) portant sur une distribution approximative des valeurs de t de Student dans le cas de la quantité pivotale $R_J - R_J (\hat{V}(R_J))^{1/2}$ (S. Smith, comm. pers.), l'intervalle de confiance, tel que calculé pour l'indice de développement des alevins dans le présent manuel, devrait décrire les différences potentielles des caractéristiques des alevins entre les compartiments d'un incubateur (ou les incubateurs).

FACTEURS D'ÉVALUATION

On doit effectuer au moins deux évaluations générales avant de formuler des conclusions relatives à l'efficacité de production des systèmes d'incubation pour salmonidés :

1) la mortalité et sa fréquence dans tout l'incubateur; et
2) les caractères morphométriques des alevins.

Mortalité

Un incubateur qui ne produit que peu d'alevins par rapport au nombre d'oeufs incubés n'est évidemment pas un outil de production viable. Toutefois, au lieu de condamner globalement la méthode d'incubation ou un incubateur particulier, on pourrait évaluer l'importance de la mortalité dans tout l'incubateur pour essayer de déterminer quelles modifications pourraient être apportées à la conception ou à l'exploitation, à un coût minimum. Idéalement, la répartition des oeufs morts dans un

incubateur à trois compartiments, tapissés de substrat artificiel et chargés à une densité uniforme hypothétique, devrait être homogène. Toute tendance prononcée dans la distribution des oeufs morts qui perdure d'une année à l'autre indique une insuffisance du débit à l'intérieur de l'incubateur. Des différences entre les compartiments, pour ce qui est de la répartition des oeufs morts, peuvent signifier un vice de conception de la plomberie, tandis que des différences entre les couches de substrat artificiel pourraient indiquer un début d'eau insuffisant ou un blocage local causé par des dépôts de boue. Cette hypothèse présuppose une décomposition négligeable des oeufs, hypothèse peut-être valable si la température d'incubation dépasse 5 °C. Comme une température égale ou supérieure à 5 °C entraînera la prolifération de *Saprolegnia* sp. (Oláh et Farkas 1978) sur les oeufs morts, on devra traiter l'eau d'alimentation deux fois par semaine avec du vert malachite sans zinc ou du formol (Burrows 1949) afin d'empêcher l'efflorescence des moisissures responsables d'une mortalité accrue. Dans certaines régions, des sidérobactéries (Bailey et Taylor 1974) qui précipitent des composés organiques posent un danger à l'incubation des oeufs; ces précipités colmatent les substrats et suffoquent les oeufs. Comme il est impossible d'éliminer ces matières de l'eau d'alimentation, on ne peut actuellement presque rien faire pour corriger la situation sauf d'éviter de réutiliser cette source d'eau particulière. Dans de telles situations, il sera peut-être nécessaire d'effectuer une circulation inverse dans l'incubateur, procédure qui ne devrait pas être tentée sans une étroite supervision technique de la part du MPO.

Comme moyen d'identification des tendances dans la distribution des oeufs morts, des médianes mobiles sont utilisées pour régulariser les fluctuations des dénombrements entre les couches de substrat (Appendice 1, p. 18-19).

Caractères morphométriques des alevins

Les déviations dans l'homogénéité de la distribution des oeufs morts dans un incubateur seront peut-être évidentes, mais les effets sublétaux d'un environnement artificiel impropre sont plus difficiles à déceler. Même si la survie représente le test ultime de la condition de l'alevin (Bams 1972), on reconnaît que plus l'alevin est gros, meilleures sont ses chances de survie (Bams 1967; Poon 1977; Koski 1975; Mason 1969). À moins de vouloir étudier la vigueur des alevins (Bams 1976), on se servira de leur volume ainsi que de leur longueur et de leur poids en tant qu'indicateurs de leur taille.

Les données relatives au déplacement volumétrique sont particulièrement intéressantes pour ce qui est de l'évaluation de la taille de l'alevin (plus le nombre d'alevins par 100 mL de déplacement volumétrique est faible, plus grande est la taille moyenne des alevins) car elles font partie du processus de dénombrement et ne requièrent donc pas d'efforts supplémentaires. Contrairement aux estimateurs de rapport, la variable obtenue par déplacement volumétrique exige seulement des calculs normalisés (fonction de distribution, homogénéité de la variance) avant son application dans l'analyse statistique des paramètres. Donc, les techniques ANOVA peuvent être utilisées pour déceler les divergences au niveau de la taille des alevins entre les compartiments d'un incubateur et entre les unités. Si toutes les sous-divisions de l'environnement artificiel fonctionnent également bien, les tests statistiques ne devraient pas révéler d'écarts significatifs entre le nombre moyen d'alevins par 100 mL de déplacement volumétrique parmi les sous-unités d'incubation. Si le même stock reproducteur a été utilisé pour charger chaque compartiment de l'incubateur (Aulstad et Gjedrem 1973; Larsson et Pickova 1978), le rejet de cette hypothèse nulle indique que l'incubateur ne fonctionne peut-être pas aussi bien qu'il le devrait.

Dans un incubateur efficace, les graphiques du nombre d'alevins déterminé quotidiennement par volumétrie devraient être semblables pour chaque compartiment. Si les pentes du nombre moyen d'alevins (par 100 mL de déplacement volumétrique) par jour d'éclosion sont parallèles pour tous les compartiments et semblables en amplitude, on devrait cesser de s'inquiéter de différences entre les caractères morphométriques des alevins d'un compartiment à l'autre. On retrouvera à l'appendice I des exemples de ces graphiques.

Outre le déplacement volumétrique, on pourrait considérer le poids et la longueur des alevins, ce qui toutefois n'est bien souvent pas réaliste vu le temps nécessaire pour effectuer les mesures sur un nombre suffisant de spécimens. Une fois ces données obtenues, on devra en faire l'analyse. Du point de vue statistique, l'analyse de la covariance est indiquée, quoique plusieurs restrictions s'appliquent à l'interprétation des résultats (Steel et Torrie 1960). Et si l'on ne peut satisfaire à ces restrictions, l'indice de développement restera alors le seul véhicule analytique.

Quoiqu'on n'anticipe pas une variation systématique de l'indice de développement en fonction du compartiment de l'incubateur, des différences entre l'indice moyen pendant toute la durée de l'émergence des alevins sont probables. Bams (1970) a découvert une qualité moindre chez les alevins de saumon rose quand l'indice de développement était inférieur à 1,86 et supérieur à 1,95. De telles limites n'ont pas encore été déterminées chez le saumon de l'Atlantique. Un point de départ raisonnable pour l'évaluation du potentiel de survie des alevins exhibant différents indices de développement serait peut-être l'intervalle de confiance à 95 % déterminé pour cet indice pendant plusieurs années d'utilisation des méthodes élaborées dans le présent manuel.

ÉVALUATION DE PROJETS

L'évaluation critique du rendement d'un incubateur et, à vrai dire, de tous les aspects d'un projet de mise en valeur des salmonidés, est le seul moyen d'assurer que ce dernier est aussi efficace qu'il devrait l'être pour ce qui est des avantages socio-économiques qui l'on justifié. Vu les importants mécanismes de planification indispensables à la réalisation de projets de mise en valeur et vu l'obligation de rendre compte des mesures prises pour la protection des avantages attendus de tels projets, on a besoin de données détaillées, précises et opportunes, sur les états biologiques et financiers. Cela exige de tenir un journal quotidien en plus de compiler sous forme de tableaux, à la fin de l'année, l'information relative à l'exploitation. L'interprétation des avantages et des faiblesses d'un

projet sera basée sur ces données et, partant, celles-ci serviront à l'élaboration d'un plan d'opération qui étayera les demandes de renouvellement de soutien financier. On ne saurait trop insister sur l'importance d'un rapport annuel des activités menées dans le cadre d'un projet de mise en valeur, car il s'agit là du principal moyen pour justifier la poursuite d'un projet. La rédaction du rapport annuel sera la responsabilité du gestionnaire de projet, lequel verra aussi aux activités quotidiennes et veillera à ce qu'elles ne s'éloignent pas des buts anticipés. Le cas échéant, il faudra immédiatement communiquer avec le personnel de soutien technique du MPO pour éviter toute conséquence grave et profonde sur le projet. De plus, un gestionnaire de projet qui fournit les renseignements dont il est question dans le présent manuel pourra obtenir du MPO des informations techniques, susceptibles de l'aider à identifier et à résoudre les problèmes mineurs, avant qu'ils deviennent des impasses, ainsi qu'à élaborer des plans efficaces à appliquer en permanence au projet de mise en valeur.

Remerciements

L'auteur tient à exprimer sa gratitude à Steve Smith, qui lui a donné plusieurs suggestions utiles sur les procédures statistiques appropriées à l'évaluation de données recueillies au cours de l'exploitation d'un incubateur, et à Donald Stansbury, qui l'a aidé à déchiffrer les équations. En outre, l'auteur remercie George Ralph et Terry Nicholls (qui a conçu la page couverture), pour les illustrations, et I.R. Porter, G. Somerton, M.F. O'Connell, J.H.C. Pippy et R.A. Bams, pour la critique (et l'amélioration) du manuscrit. Merci aussi à Mme K. Harding, qui a patiemment dactylographié les nombreuses ébauches du travail.

Références

ALBRECHT, G.H. 1978. Some comments on the use of ratios. *Syst. Zool.* 27(1): 67–71.

ALEXANDER, R.McN. 1971. Size and shape. *Studies in Biology*, No. 29. Edward Arnold Publishers Ltd., London. 39 p.

ANDERSON, T.C. ET B.P. MCDONALD. 1978. A portable weir for counting migrating fishes in rivers. *Fish. Mar. Serv. Tech. Rep.* 733: 13 p.

ATCHLEY, W.R. 1978. Ratios, regression intercepts, and the scaling of data. *Syst. Zool.* 27(1): 78–83.

ATCHLEY, W.R. ET D. ANDERSON. 1978. Ratios and the statistical analysis of biological data. *Syst. Zool.* 27(1): 71–78.

ATCHLEY, W.R., G.T. GASKINS ET D. ANDERSON. 1976. Statistical properties of ratios. I. Empirical result. *Syst. Zool.* 25: 137–148.

AUSTAD, D. ET T. GJEDREM. 1973. The egg size of salmon (*Salmo salar*) in Norwegian rivers. Aquaculture 2: 337–341.

BAILEY, J.E. ET W.R. HEARD. 1973. An improved incubator for salmonids and results of preliminary tests for its use. *NOAA Tech. Memo.* NMFS ABFL-1: 7 p.

BAILEY, J.E., J.J. PELLA ET S.G. TAYLOR. 1975. Report of progress on a pilot study of the feasibility of producing high quality salmon fry from artificial environments. 1974 brood fry production. Northwest and Alaska Fisheries Center, Auke Bay Fisheries Laboratory, *NOAA, Auke Bay*, AK 99821. 31 p.

BAILEY, J.E. ET S.G. TAYLOR. 1974. Salmon fry production in a gravel incubator hatchery, Auke Creek, Alaska, 1971–72. *NOAA Tech. Memo.* NMFS ABFL-3: 13 p.

BAMS, R.A. 1967. Differences in performance of naturally and artificially propagated sockeye salmon migrant fry, as measured with swimming and predation tests. *J. Fish. Res. Board Can.* 24: 1117–1153.

1970. Evaluation of a revised hatchery method tested on pink and chum salmon fry. *J. Fish Res. Board Can.* 27: 1429–1452.

1972. A quantitative evaluation of survival to the adult stage and other characteristics of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) produced by a revised hatchery method which simulates optimal natural conditions. *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 1151–1167.

BAMS, R.A. ET K.S. SIMPSON. 1977. Substrate incubators workshop–1976. Report on current state of the art. *Fish. Mar. Serv. Tech. Rep.* 689: 68 p.

BLACKETT, R.F. 1974. Preliminary evaluation of pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon incubation and rearing in gravel incubators and troughs. Alaska Department of Fish and Game. *Tech. Data Rep.* 32 p.

BURROWS, R.E. 1949. Prophylactic treatment for control of fungus *Saprolegnia parasitica*, on salmon eggs. *Prog. Fish-Cult.* 11: 97–103.

CLINE, T.F. ET G. POST. 1972. Therapy for trout eggs infected with *Saprolegnia*. *Prog. Fish Cult.* 34: 148–151.

COCHRAN, W.G. 1977. *Sampling techniques*, John Wiley and Sons, Toronto, Ont. 428 p.

CONLIN, K. ET B.D. TUTTY. 1979. Juvenile salmonid field trapping manual. *Fish. Mar. Serv. MS Rep.* 1530: 148 p.

DAVIS, J.P. ET P.T. CAINES. 1977. Exploits river Atlantic salmon development program. *Freshwater and Anadromous Fisheries Management Program*, St. John's, Nfld. A1C 5X1. 82 p.

DODSON, P. 1978. On the use of ratios in growth studies. *Syst. Zool.* 27(1): 62–67.

DUNNETT, C.W. 1980. Pairwise multiple comparison in the unequal variance case. *J. Am. Stat. Assoc.* 75(372): 796–800.

DURBIN, J. 1959. A note on the application of Quenouille's method of bias reduction to the estimator of ratios. *Biometrika* 46: 477–480.

FISHER, R.A. ET F. YATES. 1949. *Statistical tables for biological, agricultural, and medical research*, Oliver and Boyd, London. 112 p.

HANSELL, R.I.C., F.L. BOOKSTEIN ET H.J. ROWELL. 1980. Operational point homology by cartesian transformation to standard shape: examples from setal positions in phytoseiid mites. *Syst. Zool.* 29(1): 43–49.

HASKELL, D.C. 1955. Weight of fish per cubic foot of water in hatchery troughs and ponds. *Prog. Fish-Cult.* 17(3): 117–118.

HILLS, M. 1978. On ratios—a response to Atchley, Gaskins and Anderson. *Syst. Zool.* 27(1): 61–62.

HUMPHRIES, J.M., F.L. BOOKSTEIN, B. CHERNOFF, G.R. SMITH, R.L. ELDEREDGE, S.G. POSS. 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Syst. Zool.* 30: 291–308.

JOHNSON, H.E., C.D. ADAMS ET R.J. MCELRATH. 1955. A new method of treating salmon eggs and fry with malachite green. *Prog. Fish-Cult.* 17(2): 76–78.

KOSKI, K. 1975. *The survival and fitness of two stocks of chum salmon (Oncorhynchus keta) from egg deposition to emergence in a controlled-stream environment at Big Beef Creek*. Thèse de Ph.D., Univ. Washington, Seattle, WA. 212 p.

LANNAN, J.E. 1975. Netarts Bay chum salmon hatchery, an experiment in ocean ranching. Oregon State Univ., *Sea Grant College Program*, Publ. No. ORESU-N-75-001: 28 p.

LARSSON, P. ET J. PICKOVA. 1978. Egg size of salmon (*Salmo salar* L.) in correlation to female age and weight in three river stocks. *Salmon Research Institute Report*, Laxforskningsinstitutet. 6 p.

MASON, J.C. 1969. Hypoxial stress prior to emergence and competition among coho salmon fry. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 63–91.

MCNEIL, W.J. 1969. Development of a streamside incubator for culture of Pacific salmon. Prog. Rep. 20. Oregan State Univ., Dep. Fish. Wildl., Corvallis, OR. 6 p.

OLÁH, J. ET J. FARKAS. 1978. Effect of temperature, pH, antibiotics, formalin and malachite green on the growth and survival of *Saprolegnia* and *Achlya* parasite on fish. *Aquaculture* 13(3): 273–288.

POON, D.C. 1977. Quality of salmon fry from gravel incubators. *Northwest and Alaska Fisheries Center Processed Report*, Auke Bay Laboratory, Auke Bay, AK 99821. 253 p.

PORTER, T.R. ET D.J. MEERBURG. 1977. Upwelling incubation boxes for Atlantic salmon. ICES C.M. 1977/M:22. Anadromous and Catadromous Fish Committee. 13 p.

RYMAN, N. ET G. STÅHL. 1980. Genetic changes in hatchery stocks of brown trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 82–87.

SATTERTHWAITE, F.E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics* 2: 110–114.

SMIRNOV, A.I. 1959. The effect of mechanical agitation at different periods of development of the eggs of autumn chum salmon (*Oncorhynchus keta* infrasp. *autumnalis* Berg, Salmonidae). *Fish. Res. Board Can.*, Serv. de trad. No. 230: 5 p.

SMITH, C.E. 1978. Transportation of salmonid fishes, p. 9–41. *In* Manual of Fish Culture. *U.S. Fish Wildl. Serv. Sect. G. II.*

SMITH, S.J. 1980. Comparison of two methods of estimating the variance of the estimate of catch per unit effort. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 2346–2351.

STEEL, G.D. ET J.H. TORRIE. 1960. *Principles and procedures of statistics*, McGraw-Hill Book Company, Inc., Toronto, Ont. 481 p.

STEVENSON, J.P. 1980. *Trout Farming Manual*, Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England. 186 p.

STOLINE, M.R. ET H.K. URY. 1979. Tables of the studentized maximum modulus distribution and an application to multiple comparisons among means, *Technometrics* 21(1): 87–93.

TUKEY, J.W. 1958. Bias and confidence in not quite large samples (Abstract, *Ann. Math. Stat.* 29: 614.

1977. *Exploratory data analysis*, Addison–Wesley Publishing Company. 506 p.

WESTERS, H. 1970. Carrying capacity of salmonid hatcheries, *Prog. Fish-Cult.* 32(1): 43–46.

WESTERS, H. ET K.M. PRATT. 1977. Rational design of hatcheries for intensive salmonid culture, based on metabolic characteristics. *Prog. Fish-Cult.* 39(4): 157–165.

Appendice 1. Évaluation du rendement d'un incubateur à partir de données fictives.

Données fictives sur le chargement d'oeufs
Incubateur n° 9, 1981

	N^bre d'oeufs/100 mL de déplacement volumétrique		
N° du comptage	Jour 1	Jour 2	Jour 3
1	736	814	678
2	842	701	674
3	778	773	669
4	748	592	771
5	749	751	775
6	830	750	754
7		784	781
8		811	622
9		744	777
10			778
Couches complètes[a]	12	15	16
Couches partielles	1	1	2
Oeufs supplémentaires dans les couches partielles	6 000	6 000	6 000 10 200

[a]Une couche complète compte 12 000 oeufs.

EXEMPLE DE CALCUL (selon p. 11-12)

Les statistiques requises, où y représente le nombre d'oeufs, sont les suivantes :

— nombre moyen d'oeufs par 100 mL de déplacement volumétrique
= $\bar{y}$ = somme de y (c.-à-d. Σy) ÷ nombre d'observations (n)
= 18 682 ÷ 25 = 747,28

— variance (selon p. 10)
$\Sigma \bar{y}$ = 18 682
$\Sigma \bar{y}^2$ = 14 050 714 (c.-à-d. chaque valeur d'y portée au carré, puis additionnée)
$(\Sigma \bar{y})^2$ = 349 017 124 (c.-à-d. 18 682²)

$$S^2 = 14\,050\,714 - \frac{349\,017\,124}{25}$$

$$\frac{}{24}$$

= 3751,21

— écart-type = $\sqrt{s^2}$ = 61,2471

— valeur de t pour 24 d.l. (c.-à-d. 25 - 1 observations) et niveau de probabilité à 0,05 (selon l'appendice 2) = 2,064

— intervalle de confiance (selon p. 10)
s^2 = variance = 3 751,21
n = nombre de volumes comptés = 25
N = nombre de volumes potentiels à compter
= volume total des oeufs ÷ nombre moyen d'oeufs
= 72 732 mL ÷ 747,28 oeufs par 100 mL de déplacement
= 97,32898 dénombrements

— limite inférieure

$$= \frac{747{,}28 - 2{,}064\sqrt{(3751{,}21 \div 25) \times \frac{(97{,}33 - 25)}{97{,}33}}}{100} \times 72\,732$$

= 527 659

— limite supérieure

$$= \frac{747{,}28 + 2{,}064\sqrt{(3751{,}21 \div 25) \times \frac{(97{,}33 - 25)}{97{,}33}}}{100} \times 72\,732$$

= 559 363

Ces calculs nous assurent, dans une proportion de 95 %, que le nombre d'oeufs chargés dans l'incubateur (puisque nous n'avons pas compté chaque oeuf) varie de 527 659 à 559 363.

— estimation ponctuelle du nombre d'oeufs incubés (selon p 11-12)
= 72 732 × (747,28 ÷ 100)
= 543 512 oeufs

REMARQUE : Dans ces équations, la division par 100 réduit le nombre moyen par 100 mL au nombre moyen par mL.

Statistiques sur le chargement d'oeufs à partir de données fictives
Incubateur n° 9, 1981

Nombre moyen d'oeufs par 100 mL =	747,2800
(écart-type =	61,2471)
Nombre de volumes comptés =	25
Volume total d'oeufs chargés =	72 732 mL

Nombre estimatif d'oeufs chargés = 543 512
L'intervalle de confiance à 95 % pour l'estimation varie de 527 659 à 559 363.

Distribution fictive des oeufs morts
Incubateur n° 9, 1982

N° de la couche (à partir du haut)	Compartiment supérieur	Compartiment central	Compartiment inférieur
1	8	17	8
2	102	142	125
3	180	163	227
4	160	141	140
5	178	197	178
6	262	285	253
7	187	255	582
8	135	202	209
9	127	177	270
10	102	165	409
11	98	123	396
12	83	114	386
13	77	163	125
14	60	134	59
15	45	70	45

Exemple de calcul de la médiane mobile :

A) Les ENTRÉES

8, 102, 180, 160, 178, 262, 187, 135, 127, 102, 98, 83, 77, 60, 45

B) Groupes de 3

Trois valeurs successives

Tel que présenté (ordre de séquence)			En ordre (ordre de valeur)			Médiane (valeur du groupe intermédiaire)
8	102	180	8	102	180	102
102	180	160	102	160	180	160
180	160	178	160	178	180	178
160	178	262	160	178	262	178
178	262	187	178	187	262	187
262	187	135	135	187	262	187
187	135	127	127	135	187	135
135	127	102	102	127	135	127
127	102	98	98	102	127	102
102	98	83	83	98	102	98
98	83	77	77	83	98	83
83	77	60	60	77	83	77
77	60	45	45	60	77	60

Analyse des données fictives sur la distribution des oeufs morts
Incubateur n° 9, 1982

N° de la couche de substrat	Compartiment 1	2	3	Moyenne	Écart-type
1	8	17	8	11,00	5,20
2	102	142	125	123,00	20,07
3	180	163	227	190,00	33,15
4	160	141	140	147,00	11,27
5	178	197	178	184,33	10,97
6	262	285	253	266,67	16,50
7	187	255	582	341,33	211,18
8	135	202	209	182,00	40,85
9	127	177	270	191,33	72,57
10	102	165	409	255,33	162,15
11	98	123	396	205,67	165,31
12	83	114	386	194,33	166,71
13	77	163	125	121,67	43,10
14	60	134	59	84,33	43,02
15	45	70	45	53,33	14,43
MOYENNE	120,27	156,53	227,47		
É.-T.	65,25	66,19	159,45		

Médiane mobile du 3e ordre

N° de la couche de substrat	Compartiment 1	2	3	Total
1				
2	102	142	125	369
3	160	142	140	411
4	178	163	178	553
5	178	197	178	553
6	187	255	253	800
7	187	255	253	800
8	135	202	270	574
9	127	177	270	574
10	102	165	396	617
11	98	123	396	617
12	83	123	386	583
13	77	134	125	365
14	60	134	59	253

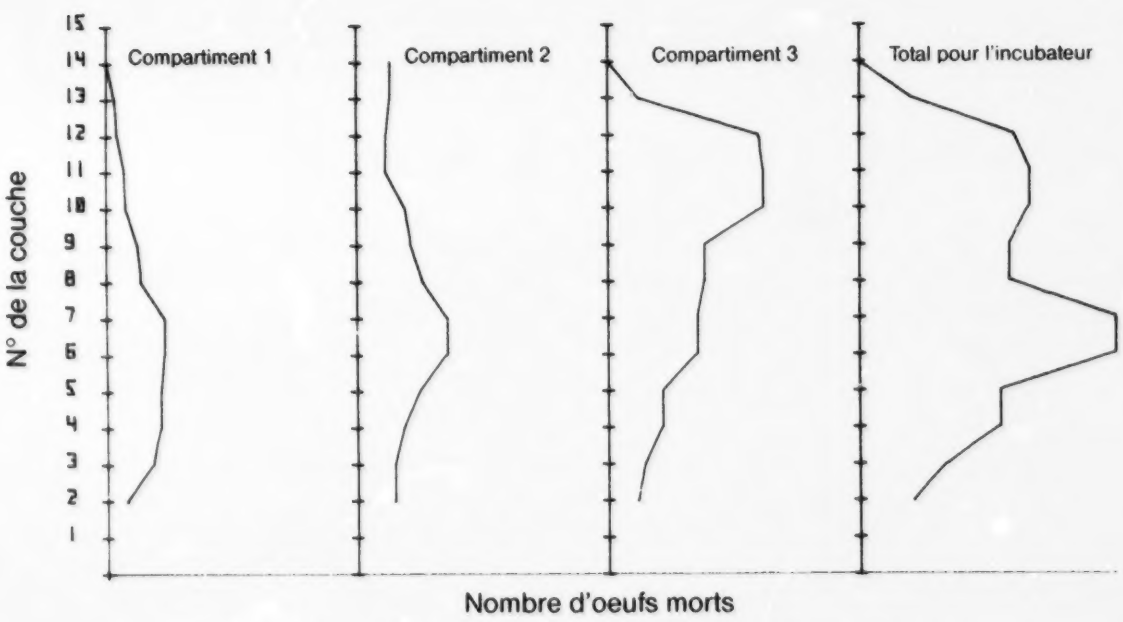

FIG. 5 Graphiques de la médiane mobile des dénombrements d'oeufs morts.

Nombre fictif d'alevins (par 100 mL de déplacement volumétrique)
Données pour l'incubateur n° 9, 1982
(Nombre par compartiment)

Compartiment	Jour	Volumes comptés	Volumes mesurés	Nombre	Alevins supplémentaires
1	1	2	9	540,560	110
	2	4	16	620,558,580,580	300
	3	6	29	581,582,637,587,582,591	286
	4	7	54	596,584,592,584,614,597,611	616
	5	4	32	555,562,572,574	280
	6	4	18	580,575,563,578	35
	7	4	27	605,517,554,547	1 347
2	1	1	5	631	355
	2	2	9	575,575	220
	3	4	14	574,582,549,582	321
	4	5	40	602,597,560,583,570	339
	5	3	24	565,576,572	284
	6	5	29	595,584,572,590,596	412
	7	3	14	572,615,620	1 030
3	1	3	15	625,596,596	85
	2	4	19	620,585,684,684	90
	3	7	29	581,608,585,585,572,626,572	50
	4	6	48	590,597,572,582,563,582	104
	5	4	31	584,561,562,559	193
	6	10	62	585,573,579,583,626,634,614,589,652,583	70
	7	6	39	580,620,574,608,547,568	2 975

Évaluation du rendement d'un incubateur pour oeufs de saumon
Analyse des données fictives sur le nombre d'alevins
Incubateur n° 9, 1982

	Compartiment 1				
Jour	Nombre moyen	Volumes comptés	Volumes mesurés	Alevins supplémentaires comptés	Total estimatif
1	550,0000	2	9	110	5 060
2	580,0000	4	16	300	9 580
3	593,3333	6	29	286	17 493
4	596,8571	7	54	616	32 846
5	565,7500	4	32	280	18 384
6	574,0000	4	18	5	10 367
7	555,7500	4	27	1 [illegible]	16 352
Paramètres du compartiment	578,7097	31	185	2974	110035

	Compartiment 2				
Jour	Nombre moyen	Volumes comptés	Volumes mesurés	Alevins supplémentaires comptés	Total estimatif
1	631,0000	1	5	355	3 510
2	575,0000	2	9	220	5 395
3	571,7500	4	14	321	8 326
4	582,4000	5	40	339	23 635
5	571,0000	3	24	284	13 988
6	587,4000	5	29	412	17 447
7	602,3333	3	14	1 030	9 463
Paramètres du compartiment	584,2174	23	135	2961	81 830

	Compartiment 3				
Jour	Nombre moyen	Volumes comptés	Volumes mesurés	Alevins supplémentaires comptés	Total estimatif
1	605,6667	3	15	85	9 170
2	643,2500	4	19	90	12 312
3	593,5714	7	29	50	17 264
4	581,0000	6	48	104	27 992
5	566,5000	4	31	193	17 755
6	601,8000	10	62	70	37 382
7	582,8333	6	39	2975	25 706
Paramètres du compartiment	595,3000	40	243	3 567	148 225

Analyse des données fictives
Incubateur n° 9, 1982

Jour	Total pour l'incubateur				
	Nombre moyen	Volumes comptés	Volumes mesurés	Alevins supplémentaires comptés	Total
1	591,3333	6	29	550	
2	604,3000	10	44	610	
3	588,3529	17	72	657	
4	587,5556	18	142	1 059	
5	5o7,4545	11	87	757	
6	592,1579	19	109	517	
7	579,0000	13	80	5 352	
Paramètres de l'incubateur	587,1170	94	563	9 502	340 049

La production estimative totale d'alevins s'élève à 340 049.
L'intervalle de confiance à 95 % varie de 264 823 à 415 275.
(L'écart-type du nombre moyen est 27,4398.)

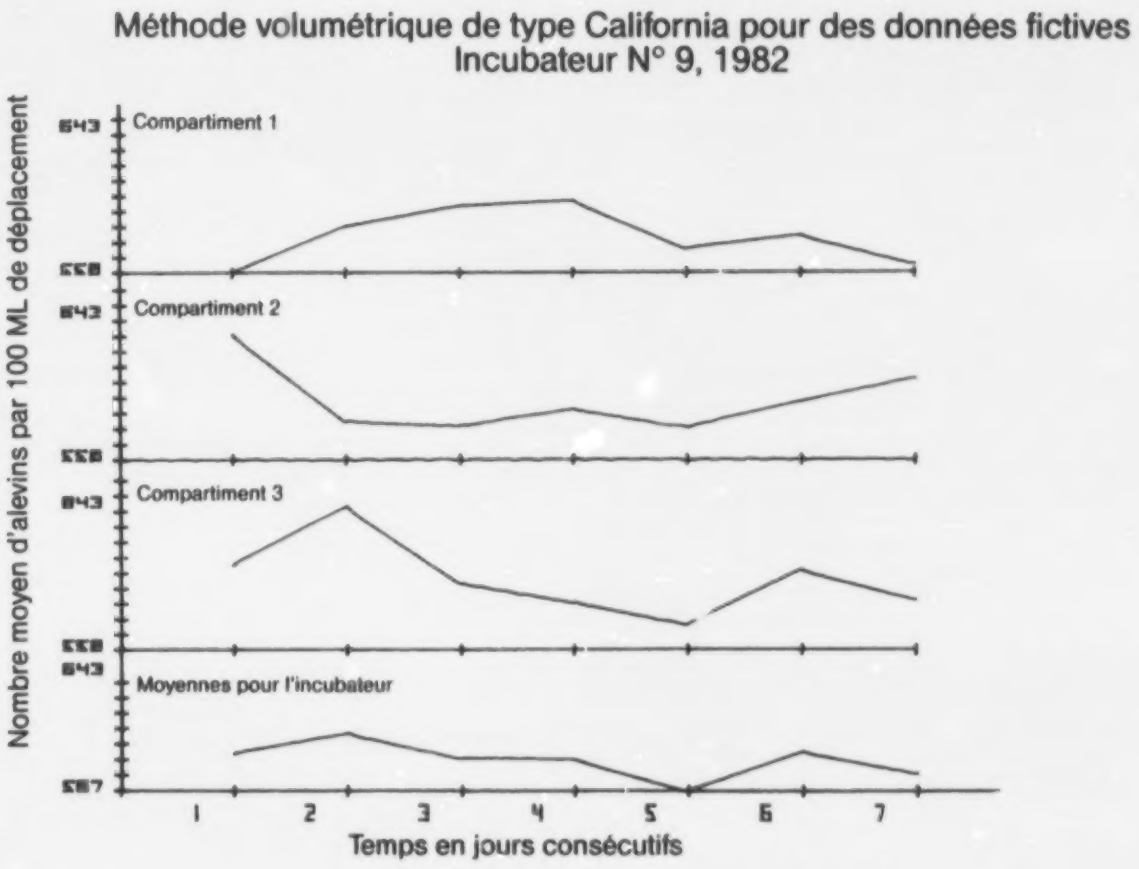

FIG. 6 Dénombrements des alevins par déplacement volumétrique.

Données fictives sur le nombre d'alevins dans
l'incubateur n° 9, 1982

Jour	Volumes comptés	Volumes mesurés	Nombres	Alevins supplémentaires
1	6	29	540,560,631,625,596,596	550
2	10	44	602,558,580,580,575,575 620,585,684,684	610
3	17	72	581,582,637,587,582,591 574,582,549,582,581,608 585,585,572,652,572	657
4	18	142	596,584,592,584,614,597 611,602,597,560,583,570 590,597,572,582,563,582	1 059
5	11	87	555,562,572,574,565,576 572,584,561,559	757
6	19	109	580,575,563,578,595,584 572,590,596,585,573,579 583,626,634,614,589,652 583	517
7	13	80	605,517,554,547,572,615 620,580,620,574,608,547 568	5 352

Évaluation du rendement d'un incubateur pour oeufs de saumon
Analyse des données fictives sur le nombre d'alevins
Incubateur n° 9, 1982

	Statistiques pour l'incubateur				
Jour	Nombre moyen	Volumes comptés	Volumes mesurés	Alevins supplémentaires comptés	Total estimatif
1	591,3333	6	29	550	
2	604,3000	10	44	610	
3	588,3529	17	72	657	
4	587,5556	18	142	1059	
5	567,4545	11	87	757	
6	592,1579	19	109	517	
7	579,0000	13	80	5352	
Paramètres sommaires	587,1170	94	563	9502	340049

La production estimative totale d'alevins s'élève à 340 049.
L'intervalle de confiance à 95 % varie de 337 155 à 342 943.
(L'écart-type du nombre moyen est 27,4398.)

Données fictives sur le nombre d'alevins
pour l'incubateur n° 9, 1982

	Volumes comptés par compartiment			Volumes mesurés par compartiment			Nombre moyen d'alevins par compartiment			Alevins supplémentaires comptés par compartiment		
Jour	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	1	3	9	5	15	550,00	631,00	605,67	110	355	85
2	4	2	4	16	9	19	580,00	575,00	643,25	300	220	90
3	6	4	7	29	14	29	593,33	571,75	593,57	286	321	50
4	7	5	6	54	40	48	596,86	582,40	581,00	616	339	104
5	4	3	4	32	24	31	565,75	571,00	566,50	280	284	193
6	4	5	10	18	29	62	574,00	587,40	601,80	35	412	70
7	4	3	6	27	14	39	555,75	602,33	582,83	1 347	1 030	2 975

Évaluation du rendement d'un incubateur pour oeufs de saumon
Analyse des données fictives sur le nombre d'alevins
Incubateur n° 9, 1982

	Compartiment						Statistiques quotidiennes	
	1		2		3			
Jour	Nombre moyen	Total estimatif	Nombre moyen	Total estimatif	Nombre moyen	Total estimatif	Nombre moyen	Total estimatif
1	550,0	5 060	631,0	3 510	605,7	9 170	591,3	17 699
2	580,0	9 580	575,0	5 395	643,3	12 312	604,3	27 199
3	593,3	17 493	571,8	8 326	593,6	17 264	588,4	43 018
4	596,9	32 846	582,4	23 635	581,0	27 992	587,6	84 492
5	565,8	18 384	571,0	13 958	566,5	17 755	567,5	50 126
6	574,0	10 367	587,4	17 447	601,8	37 382	592,2	65 062
7	555,8	16 352	602,3	9 463	582,8	25 705	579,0	51 672

Moyenne par compartiment	578,71	584,22	595,30
Volumes comptés	31	23	40
Volumes mesurés	185	135	243
Alevins supplémentaires	2 974	2 961	3 567
Total estimatif	110 035	81 830	148 225

La production estimative totale d'alevins s'élève à 340 049.
L'intervalle de confiance à 95 % varie de 337 155 à 342 943.
(L'écart-type du nombre moyen est 27,4398.)

Résumé de la production d'alevins selon
des données fictives
Incubateur n° 9, 1982

Le nombre estimatif d'oeufs incubés est 543 512.
(L'intervalle de confiance à 95 % varie de 527 659 à 559 363.)

Le nombre estimatif d'alevins produits est 340 049.
(L'intervalle de confiance à 95 % varie de 264 823 à 415 275.)

La survie de l'oeuf à l'alevin est d'environ 62,6 %.
(L'écart intuitif varie de 47,3 % à 78,7 %.)

Les estimations de la survie ne sont pas statistiquement valides.

Données fictives sur les caractères morphométriques des alevins
Incubateur n° 9, 1982

Compartiment	N° du spécimen	Jour 1		Jour 2		Jour 3		Jour 4		Jour 5	
		[a]Longueur	Poids	Longueur	Poids	Longueur	Poids	Longueur	Poids	Longueur	Poids
1	1	27,0	210	26,0	180	26,5	170	26,5	180	29,5	180
	2	26,5	200	26,5	190	27,5	190	24,5	170	26,0	175
	3	26,0	180	27,0	190	26,5	200	27,0	200	25,5	180
	4	26,5	190	27,5	210	27,0	180	27,5	200	28,0	200
	5	27,0	210	25,5	150	26,0	180	26,0	170		
	6			26,5	175	27,0	190				
2	1	27,5	200	26,5	180	26,5	200	27,0	190	27,0	200
	2	25,5	160	26,0	170	27,0	190	26,5	170	26,0	180
	3	26,0	170	26,5	170	25,0	150	25,0	150	26,5	200
	4	27,0	210	25,5	150	26,0	180	27,0	200	25,0	150
	5	27,0	180			25,5	170	28,0	200	26,5	180
	6	25,0	170					25,5	160		
3	1	26,0	170	26,5	200	27,0	200	27,0	190	26,0	160
	2	25,5	180	27,0	190	26,0	170	26,0	160	27,0	200
	3	27,0	180	25,0	150	26,0	180	25,5	160	25,5	180
	4	26,0	190	26,0	180	26,5	160	26,5	180	25,0	170
	5	26,0	180	25,5	170			25,0	200	26,5	210
	6			27,0	200			26,0	180		
	7			26,0	190						

[a]Longueur en mm; poids en mg.

Statistiques sur les données morphométriques fictives des alevins
Incubateur n° 9, 1982

Compartiment 1

Jour	N^bre d'échantillons	Longueur moyenne (mm)	Variance	Poids moyen (mg)	Variance	Indice moyen de développement	Variance
1	5	26,6	0,1750	198,0	170,0000	2,19	0,000065
2	6	26,5	0,5000	182,5	397,5000	2,14	0,000215
3	6	26,8	0,2750	185,0	110,0000	2,13	0,000409
4	5	26,3	1,3250	184,0	230,0000	2,16	0,000653
5	4	27,3	3,4167	183,8	122,9167	2,09	0,004180
Statistiques par compartiment	26	26,7	0,8954	186,5	213,5385	2,14	0,000166

Intervalle de confiance à 95 % pour les statistiques par compartiment

Longueur moyenne	26,3–27,0
Poids moyen	180,6–192,4
Indice moyen de développement	2,12–2,17

Compartiment 2

Jour	N^bre d'échantillons	Longueur moyenne (mm)	Variance	Poids moyen (mg)	Variance	Indice moyen de développement	Variance
1	6	26,8	0,9667	181,7	376,6667	2,15	0,000394
2	4	26,1	0,2292	167,5	158,3333	2,11	0,000160
3	5	26,0	0,6250	178,0	370,0000	2,16	0,000231
4	6	26,5	1,2000	178,3	456,6667	2,12	0,000138
5	5	26,2	0,5750	182,0	420,0000	2,16	0,000221
Statistiques par compartiment	26	26,3	0,6850	178,1	336,1538	2,14	0,000058

Intervalle de confiance à 95 % pour les statistiques par compartiment

Longueur moyenne	25,9–26,6
Poids moyen	170,7–185,5
Indice moyen de développement	2,13–2,16

Compartiment 3

Jour	N^bre d'échantillons	Longueur moyenne (mm)	Variance	Poids moyen (mg)	Variance	Indice moyen de développement	Variance
1	5	26,1	0,3000	180,0	50,0000	2,16	0,000561
2	7	26,1	0,5595	182,9	323,8095	2,17	0,000160
3	4	26,4	0,2292	177,5	291,6667	2,13	0,000804
4	6	26,0	0,5000	178,3	256,6667	2,16	0,001336
5	5	26,0	0,6250	184,0	430,0000	2,19	0,000747
Statistiques par compartiment	27	26,1	0,4103	180,7	237,8917	2,16	0,000128

Intervalle de confiance à 95 % pour les statistiques par compartiment

Longueur moyenne	25,9–26,4
Poids moyen	174,6–186,8
Indice moyen de développement	2,14–2,19

Statistiques pour l'incubateur n° 9, 1982

Nombre d'échantillons	Longueur moyenne (mm)	Variance	Poids moyen (mg)	Variance	Indice moyen de développement	Variance
79	26,3	0,6969	181,8	267,9731	2,15	0,000040

Intervalle de confiance à 95 % pour les statistiques par compartiment

Longueur moyenne	26,1–26,5
Poids moyen	178,1–185,5
Indice moyen de développement	2,14–2,16

Différences des paramètres entre les compartiments

Compartiments	Paramètres		
	Longueur moyenne	Poids moyen	k_D moyen
2–1	0,403846 NS	8,461538 NS	0,002897 NS
3–2	0,138989 NS	-2,663818 NS	0,023244 *
3–1	0,542735 NS	-5,797721 NS	0,020347 *

Il existe une déviation significative de l'homogénéité des paramètres entre les compartiments.

Appendice 2. Valeurs de *t* de Student

dl	Probabilité d'une valeur plus élevée de *t*, sans signe								
	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,941
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,859
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,405
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,799	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,046	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291
dl	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
	Probabilité d'une valeur plus élevée de *t*, avec signe								

(Tiré de *Principles and Procedures of Statistics*, de Robert D. G. Steel et James H. Torrie. Propriété littéraire (1960) de McGraw Hill Book Company, Inc. Utilisé avec la permission de McGraw-Hill Book Company. Tableau originel tiré du Tableau III de Fisher et Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, publié par Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh, 1949)